

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO AL COMPLEJO DE  
BARRENADORES DEL TALLO Y LA FALSA CENICILLA

Tesis

Que presenta NÉSTOR ALBERTO AGUILERA MOLINA

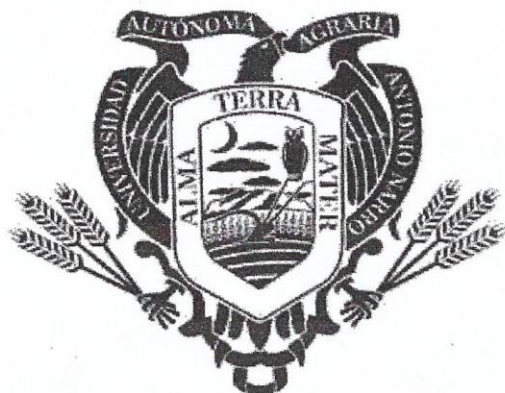
Como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO AL COMPLEJO DE  
BARRENADORES DEL TALLO Y LA FALSA CENICILLA

Tesis

Que presenta NÉSTOR ALBERTO AGUILERA MOLINA

Como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

---

Dr. Agustín Hernández Juárez  
Director UAAAN

---

Dr. Edgardo Cortez Mondaca  
Director Externo

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO AL COMPLEJO DE  
BARRENADORES DEL TALLO Y LA FALSA CENICILLA

Tesis

Elaborada por NÉSTOR ALBERTO AGUILERA MOLINA como requisito parcial  
para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Parasitología Agrícola con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Agustín Hernández Juárez

Asesor Principal



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe

Asesor



Dr. Ernesto Cerna Chávez

Asesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor



Dr. Edgardo Cortez Mondaca

Asesor



Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Subdirector de Postgrado

UAAAN

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Al CONACyT por el apoyo durante la realización de mis estudios de posgrado.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por las facilidades ofrecidas para la elaboración de este trabajo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por permitirme llevar a cabo mis estudios de doctorado.

Al programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo, del Campo Experimental Norman Borlaug y a sus trabajadores Julio Juárez y Yenire Valenzuela por el apoyo para la realización de este trabajo.

A los investigadores del CENEB: M.C Lope Montoya Coronado, M.C José Eliseo Ortiz Enríquez, M.C Inés Armenta Cárdenas, M.C Manuel Madrid Cruz y al M.C Isidoro Padilla Valenzuela. Por su apoyo en mi desarrollo tanto laboral como personal.

A Nayely Yolanda Cazares Cruz por todo el apoyo técnico y tiempo invertido en este estudio.

A todas esas personas que directa o indirectamente han contribuido a mi formación tanto profesional como personal. Muchas gracias porque sin ustedes, no sería lo que soy.

## **DEDICATORIA.**

A Dios.

A mis padres: Porfirio Aguilera Luna y Lorenia Molina Buitimea. Por siempre ser un ejemplo a seguir y gracias a ellos seguir adelante.

A mi hermana: Dulce María Aguilera Molina. Por su apoyo incondicional.

A mis sobrinos: Franco Everardo y Logan por motivarme a ser una mejor persona y un ejemplo a seguir.

A mis Amigos: Karen Verónica, Ulises, Pepe, Lola por el constante apoyo y animo brindado durante esta etapa de mi vida.

A mis compañeros de trabajo: M.C Xochilt Militza Ochoa y al M.C Alberto Borbón Gracia. Por su apoyo constante.

Al M.C. Lope Montoya Coronado. M.C. José Eliseo Ortiz Enríquez, M.C. Inés Armenta Cárdenas y al M.C Sergio Muñoz Valenzuela. Por su apoyo constante e inspiración durante mi desarrollo profesional.

**Portada de artículo publicado en Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.**

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12 número 3 01 de abril - 15 de mayo, 2021

Artículo

**Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora**

Néstor Alberto Aguilera-Molina<sup>1</sup>  
Agustín Hernández-Juárez<sup>1§</sup>  
Lope Montoya-Coronado<sup>2</sup>  
Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>1</sup>  
Ernesto Cerna-Chávez<sup>1</sup>  
Jerónimo Landeros-Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Parasitología. Calzada Antonio Narro núm. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (aguilera.nestor@inifap.gob.mx; luisaguirreu@yahoo.com.mx; jabaly1@yahoo.com). CP. 25315. <sup>2</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Dr. Norman E. Borlaug km 12, Valle del Yaqui, Cajeme, Ciudad Obregón, Sonora, México. CP. 8500. (montoya.lope@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: chinoahj14@hotmail.com.

Aguilera, M. N. A., A. Hernández. J., L. Montoya. C., L. A. Aguirre. U., E. Cerna. C. y J. Landeros. F. (2021). Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 12(3): 421-432.

Carta de recepción del segundo artículo.



**RFM**  
**REVISTA FITOTECNIA MEXICANA**  
PUBLICADA POR LA SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENÉTICA, A.C.

## CARTA RECEPCIÓN

Chapingo, Estado de México, 12 de mayo de 2021

**AGUSTÍN HERNÁNDEZ JUÁREZ**  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la **REVISTA FITOTECNIA MEXICANA** titulado:


### **RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) A BARRENADORES DE TALLO (DIPTERA) EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO**

**Autores:** NÉSTOR ALBERTO AGUILERA MOLINA, EDGARDO CORTEZ MONDACA, LUIS ALBERTO AGUIRRE URIBE, ERNESTO CERNA CHÁVEZ, JERÓNIMO LANDEROS FLORES, AGUSTÍN HERNÁNDEZ JUÁREZ\*

Para su evaluación, el manuscrito con clave: **R2021031** será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto esté disponible.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio y que nos proporcione su número telefónico, y correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
  
Dr. Amalio Santacruz Varela  
Director

ASV\*gdr

## INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (Asteraceae) es una especie originaria de medio oriente utilizada para distintos propósitos, tanto medicinales, cosméticos, industriales como alimenticios (Smith, 1996; Zhou *et al.*, 2013). Se cultiva en distintos países del mundo, siendo China, Estados Unidos, India y México los principales productores. (FAOSTAT, 2021).

En México los principales estados productores de cártamo son Jalisco, Sinaloa y Sonora (SIAP, 2021), en este ultimo la producción se concentra en los Valles del Yaqui y Mayo, que debido a las condiciones de sequía constante presentes en la región y a la cualidad del cultivo de producir con poca cantidad de agua, los productores lo han adoptado como una opción para su siembra. (Montoya, 2010)

Como se mencionó, la disponibilidad de agua es uno de las principales limitantes para la producción agrícola en el sur de Sonora, además de esto, los precios fluctuantes del cultivo desaniman su establecimiento (Ávila *et al.*, 2014). En cuanto a problemas fitosanitarios, durante el ciclo 2003 – 04 se presentó la enfermedad de la falsa cenicilla ocasionada por el hongo *Ramularia carthami* Zaprometov (Capnodiales: Mycosphaerellaceae) (Ramírez *et al.*, 2017) que ocasiono grandes pérdidas en ambos valles. Debido a esto, el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo del Campo Experimental Norman E. Borlaug, oriento su investigación a generar materiales que presenten resistencia a esta enfermedad (Montoya, 2010), logrando así, que durante el 2008 se liberara CIANO OL, una variedad comercial de alta productividad, calidad de aceite y resistencia a dicha enfermedad (Montoya *et al.*, 2008) Durante el 2017 se liberó SEMAY OL; variedad de tipo oleico con alta productividad y resistencia a la falsa cenicilla (Borbón *et al.*, 2019). Atendiendo así las necesidades de los productores de la región en cuanto a variedades comerciales adaptadas a las condiciones presentes de la zona y con resistencia a las principales enfermedades.

En cuando a plagas, hay varias especies que se presentan durante el desarrollo del cultivo, causando daños de leves a severos si no se lleva a cabo acciones



para su control. Investigadores especialistas en este cultivo mencionan que no hay plagas que se consideren un problema, o bien; que sean limitante para la producción del cultivo en el país (Montoya y Ochoa 2006; Hernández *et al.*, 2013; Valadez, 2015). Sin embargo, en los últimos años se ha reportado la presencia del barrenador del tallo del cártamo *Melanagromiza* sp. (Diptera: Agromyzidae) causando daño en parcelas establecidas en el sur de Sonora, en distintas etapas de desarrollo del cultivo (JLSVH, 2020) Esta especie se reportó por vez primera en 1985 por el Dr. Francisco Pacheco Mendivil, responsable del área de entomología en el CENEB durante la década de los 80's, pero solo menciona que esta plaga causa daños durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo y que estaba presente desde el Valle del Fuerte en Sinaloa hasta el Valle del Yaqui en Sonora (Pacheco, 1985). Durante los últimos ciclos agrícolas, las poblaciones de esta especie se han incrementado y han causado pérdidas en la producción del cultivo. Lo cual se suma a los factores que limitan la producción de cártamo en el sur de Sonora, junto con la disponibilidad de agua, la variabilidad de precios y la presencia de la falsa cenicienta (Aguilera *et al.*, 2021).

Debido a esto, los esfuerzos del programa de mejoramiento de cártamo se orientan a identificar materiales de entre las líneas élite, que presenten características de resistencia al ataque de esta plaga, ya sea para liberarse como variedades comerciales, o bien para ser empleadas como parentales y así, generar líneas experimentales que en un futuro puedan ser liberadas como variedades y con esto atender las necesidades de los productores de cártamo en el noroeste del país.

### **Hipótesis**

Hay materiales dentro del programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo que presentan características de resistencia al ataque del barrenador del tallo y la falsa cenicienta.

**Objetivo general.**

Evaluar la respuesta de cultivares de cártamo *Carthamus tinctorius* al ataque del barrenador del tallo del cártamo y la falsa cenicilla *Ramularia carthami* Zaprometov (Capnodiales: Mycosphaerellaceae), en el Valle del Yaqui y Mayo.

**Objetivos específicos.**

1. identificar materiales que presenten características favorables de calidad de aceite y rendimiento para ser candidatas a ser liberadas como variedades comerciales.
2. Identificar taxonómicamente al barrenador del tallo del cártamo del sur de Sonora.
3. Cuantificar el daño causado por el barrenador del tallo en variedades y líneas élite de *C. tinctorius* cultivado en parcelas experimentales.
4. Determinar materiales con tolerancia al barrenador del tallo.
5. Detectar la presencia e identificar los enemigos naturales asociados al barrenador del tallo de *C. tinctorius*.
6. Evaluar en parcelas experimentales la resistencia de variedades y líneas elite de cártamo a la falsa cenicilla *R. carthami*.
7. Determinar materiales resistentes a *R. carthami*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen del cultivo.

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (Fig. 1) es una especie que se ha cultivado desde la antigüedad, hay reportes que lo relacionan con la cultura egipcia ya que se ha encontrado en tumbas de más de 4,000 años de antigüedad y es reportado como un ingrediente común en la medicina China (Smith, 1996; Zhou *et al.*, 2013), se le conoce por distintos nombres como: alazor, azafrancillo, azafrán bastardo, honghua, cardo aceitero entre otras (Gallego, 2020; Gutiérrez *et al.*, 2020).



Figura 1.- El cultivo de cártamo.

Por la antigüedad de su cultivo en la India y medio oriente, se cree que sea originario de los países intermedios entre la India y África Oriental (Chapman *et al.*, 2010). Algunos autores reportan que fue domesticado hace 4000 años en la región del mediterráneo, Mesopotamia y Persia expandiéndose a partir de este suceso, algunos autores mencionan que el cartamo cultivado puede provenir de la cruce de dos especies relacionadas, el cártamo silvestre (*Carthamus oxyacanthus*) de Afganistán y países aledaños, el cual se cruzó con el cardo azafrán (*Carthamus lanatus*) de etiofia (Knowles y Ashri, 1995: Mündel y Bergman, 2009), reconocidos siete centros de similaridad, el lejano este, India-Pakistán, el medio este, Egipto, Sudan, Etiopía y Europa. (Knowles, 1969).

El cártamo se introdujo al continente americano a través de los Estados Unidos de Norte América por españoles y portugueses en el siglo XIX (Gutiérrez *et al.*, 2020). En México, se cultivó por primera vez en 1905 en San José de Parangueso del Valle de Santiago, Guanajuato (Garduño, 2002).

#### **Clasificación taxonómica del cártamo de acuerdo con Robles (1991).**

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Tracheophyta
<b>Sub-división</b>	Pteropsidae
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Sub-clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Familia</b>	Asteraceae (Compositae)
<b>Sub-familia</b>	Carduceae/ tubiliflora
<b>Tribu</b>	Cynereae
Genero	<i>Carthamus</i>
Especie	<i>tinctorius</i> L.
Sub-especie	Inermis (sin espinas), typicus (con espinas)

#### **Morfología de la planta.**

El cártamo forma parte de la familia de las Asteráceas, es una planta herbácea anual o anual de invierno ramificada, parecida a un cardo, con numerosas espinas en las hojas y brácteas (Dajue and Mündel, 1996; Delshad *et al.*, 2018), con por lo menos 25 especies en el género *Carthamus* presentes en la naturaleza, pero solo *Carthamus tinctorius* ha sido domesticada, aunque algunas especies de *C. oxyacantha* se han colectado y han sido usadas como fuente de aceite en India y Pakistán (Yeo *et al.*, 2020).

La germinación puede suceder de tres a ocho días, dependiendo de la temperatura y este puede ocurrir con temperaturas tan bajas como 2 - 5 °C (Emongor, 2010). Al momento de la emergencia de la planta, esta pasa por una etapa donde se van generando hojas las cuales se quedan postradas a nivel de

suelo y se genera una raíz profunda, la cual puede llegar a crecer a más de dos metros de profundidad, lo que le permite acceder a nutrientes y agua del subsuelo la cual es llamada etapa de “roseta” (Fig. 2) (Johnson y Dajue, 2008), esta fase puede durar de dos a tres semanas dependiendo del material genético y de las condiciones ambientales, especialmente de la temperatura; debido a su crecimiento lento, esta etapa es la más sensible a la competencia por agua, luz y nutrientes con malezas (Queiroga *et al.*, 2021).



Figura 2.- Cártamo en etapa de “roseta”.

Después de esta etapa viene un decrecimiento acelerado llamada “elongación de tallo” donde la planta genera un tallo herbáceo, esta etapa es muy importante debido a que producto de esta y del potencial genético de la planta se originarán ramas primarias, secundarias y terciarias (Rivas y Matarazzo, 2009). Al final de estas, se generarán botones florales encerrados por brácteas espinosas.

El cártamo contiene sus flores en una inflorescencia llamada “capítulo” la cual es característica de las plantas de la familia Asteraceae (Fig. 3) (Gautam *et al.*, 2014). La floración inicia del capítulo primario, seguido por los secundarios y así sucesivamente, la floración en el capítulo inicia desde las orillas del mismo hasta el centro de este, el periodo de floración puede durar de cuatro a seis semanas dependiendo de las prácticas agrícolas y condiciones climáticas, especialmente la temperatura (Weiss, 2000), las flores pueden ser de tonos de naranja, amarillo

y rojo, en algunos casos pueden encontrarse flores de color blanco. Cuando están frescas, al secarse, las flores amarillas pueden permanecer amarillas o tornarse anaranjadas y las anaranjadas pueden permanecer anaranjadas o tornarse de color rojo; en las de color rojo y blanco no se han observado cambios de color al secarse (Montoya, 2010).



Figura 3.- Inflorescencia del cultivo de cartamo.

El polen es de color amarillo, la polinización ocurre cuando el estilo y el estigma sobresalen de la antera fusionada. El estigma no polinizado permanece receptivo durante varios días. Las flores son tubulares y en gran medida se auto-polinizan (Knowles, 1969). Aunque es común ver una cantidad importante de visitantes florales durante el periodo de floración (Boch, 1969; Pandey y Kumari, 2008).

Después del periodo de floración la planta entra en la etapa de llenado de grano y posteriormente a madurez fisiológica, el cultivo puede cumplir su ciclo en 120 días mínimo, pero dependiendo de las condiciones donde se encuentre establecido su ciclo puede durar hasta 170 días (Fig. 4) (Montoya, 2010). Las semillas son aquenios, generalmente de un color blanco brillante, pero pueden variar en tonos crema hasta llegar a un pardo dependiendo del genotipo, cada una pesando entre 0.01 a 0.444 g. estas tienen cuatro lados y un pericarpio grueso, y pueden tener o no tener vilano (Emongor and Oagile, 2017).



Figura 4.- Cultivo de cártamo en madurez fisiológica.

### **Usos del cultivo**

El cultivo ha sido utilizado desde la antigüedad para la extracción de aceite comestible, hay registros que en Egipto se descubrió la manera de extraer el aceite, que mezclado con la flor se producía una tintura aceitosa con la que recubrieron el cuerpo de algunos faraones con fines religiosos (Garduño, 2009), hasta la actualidad sus pétalos se utilizan para la extracción de pigmentos de color rojo (cartamina) y amarillo, para ser utilizados en la industria textil y alimenticia y cosmética (Jadhav y Joshi, 2015; Zemour *et al.*, 2019). Se le han atribuido usos farmacéuticos y en la actualidad se le estudia para el tratamiento de distintas condiciones médicas. Como la diabetes y problemas cardiovasculares (Qu *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2019; Orgah *et al.*, 2020). En algunos casos se consumen los pétalos de las flores de cártamo en forma de té, ya que se le han atribuido propiedades antioxidantes (Cho *et al.*, 2011). Pero en la actualidad el uso principal del cultivo es la extracción de aceite, este ha ganado importancia en años recientes debido a su uso en la alimentación humana, el aceite de cártamo tiene valores nutrimentales similares a los presentes en el aceite de oliva (Ekin, 2005).

### Características del aceite de cártamo.

Las semillas contienen de 35-50% de aceite, de 12-20% de proteína y de 35 a 45% de cascara (Rahamatalla *et al.*, 2001). En la mayoría del aceite de cártamo comercial consiste en 72-78% de ácido linoleico, el segundo más común es el ácido oleico con un 15-20% de los ácidos grasos contenidos en el aceite de cártamo, también se pueden encontrar ácido palmítico y esteárico en el rango de 1.5 a 6% y se pueden encontrar pequeñas trazas de ácido linolénico (Fig. 5) (Fernández *et al.*, 1993; Hall, 2016).

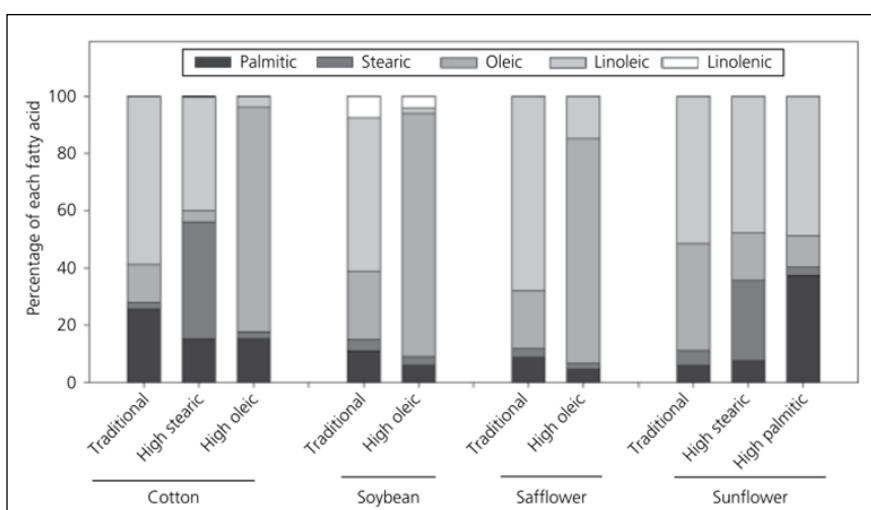


Figura 5.- Contenido y composición del aceite de cártamo en comparación con otras especies oleaginosas (Izquierdo *et al.*, 2017).

Actualmente hay dos tipos de cártamo que se utilizan comercialmente: el más común que contiene altos niveles de ácido linoleico el cual es un rasgo único entre los cultivos productores de aceite, el cual es ampliamente conocido por la industria y otro que contiene altos niveles de ácido oleico el cual ha sido generado por medio de mejoramiento genético desde los años 60's (Knowles, 1972). El cártamo es uno de los cultivos de donde se pueden generar distintos tipos de aceites desarrollados por la manipulación de genes mayores, que controlan los niveles de ácido esteárico, oleico y linoleico (Knowles, 1989).

El ácido linoleico es un nutriente esencial (indispensable) que contiene 2 dobles enlaces en el noveno y duodécimo carbonos del grupo funcional carbonilo.



Debido a que los humanos no pueden incorporar un doble enlace más allá del noveno carbono de un ácido graso, este ácido graso no se puede sintetizar y, por lo tanto, debe consumirse (Whelan y Fritsche, 2013).

Los aceites con alto contenido de ácido oleico son muy apreciados por la industria alimenticia e industrial, debido a que combinan un efecto hipocolesterolémico (Mensink y Katan, 1989), el cual consiste en inhibir la absorción intestinal del colesterol, tanto dietario como biliar, sin modificar los niveles de las lipoproteínas de alta densidad, lo cual ayuda a prevenir la incidencia de problemas cardiovasculares, diabetes, arteriosclerosis entre otras (Medina *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2011).

Es por esto que en los últimos años la investigación en la generación de materiales de cártamo se ha orientado a producir variedades comerciales con alto contenido de ácido oleico (Hamdan, *et al.*, 2012).

### Importancia del cultivo.

A nivel mundial los principales países productores de cártamo son: Kazajistán, China, Estados Unidos, México y la India, con producciones promedio de 190,965, 128,981, 94,298 y 85,775 Ton respectivamente, otros países importantes en la producción de esta especie son Turquía, China, Argentina (Fig. 6) (FAOSTAT, 2021)

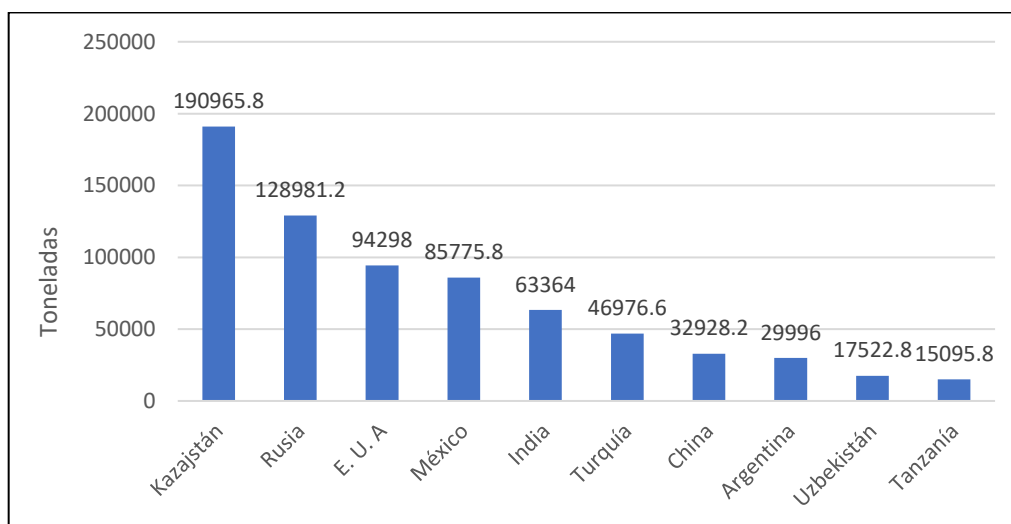


Figura 6.- Principales países productores de cártamo promedio 2015-19.

México solía ser el mayor productor de cártamo en el mundo, hasta la década de los 80's, cuando ocupó un área de 528,000 has con una producción sobre las 600,000 ton durante el ciclo 1979-1980 (Singh and Nimbkar, 2007).

Los principales estados productores de cártamo para la producción de aceite en México son: Sonora, Sinaloa y Jalisco (Cuadro 1), y en algunos casos se registran áreas importantes en estados como Michoacán, Tamaulipas y Baja California, es importante mencionar que Sonora es el principal productor del cultivo y que es constante con el área y la producción obtenida a través de los años (SIAP, 2021).

Cuadro 1.- Área y producción del cultivo de cártamo en estados de mayor importancia 2016-2020.

Año	Sonora		Sinaloa		Jalisco	
	Área (ha)	Producción (ton)	Área (ha)	Producción (ton)	Área (ha)	Producción (ton)
<b>2020</b>	21630.0	48070.1	13524.8	19107.6	4479.3	8856.9
<b>2019</b>	13397.4	28824.3	1865.5	1997.0	4525.4	12456.6
<b>2018</b>	15303.8	35269.3	1345.1	1524.2	4498.8	12501.6
<b>2017</b>	13747.3	31828.7	7053.7	11500.2	5295.8	13981.4
<b>2016</b>	32596.0	82227.5	7858.0	10779.8	5474.9	12692.4

Es importante mencionar que, gracias a la investigación en el cultivo, se ha incentivado el uso como forraje verde (Reta *et al.*, 2019), el principal productor de cártamo en esta modalidad es el estado de Jalisco, el cual tiene varios años obteniendo rendimientos importantes, en esta modalidad de cultivo (Cuadro 2) (SIAP, 2021).

Cuadro 2.- Área y producción de forraje de cártamo, en el estado de Jalisco 2014 - 2019.

<b>Año</b>	<b>Área (has)</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
<b>2019</b>	1,138.0	16,492.7	14.49
<b>2018</b>	1,146.0	16,755.2	14.62
<b>2017</b>	1,155.2	16,348.8	14.15
<b>2016</b>	1,204.8	17,118.1	14.21
<b>2015</b>	691	8,644.2	13.49
<b>2014</b>	310	4,460.0	14.39

En Sonora la mayor superficie sembrada con cártamo se encuentra concentrada en los Valles del Yaqui y Mayo, mismos que están conformados por los municipios de Cajeme, Bacúm, San Ignacio Rio Muerto, Benito Juárez (Valle del Yaqui) y Navojoa, Etchojoa, Huatabampo (Valle del Mayo).

El que la mayor área del cultivo de cártamo se encuentre concentrada en el Valle del Mayo (Cuadro 3) es debido a las condiciones específicas de almacenamiento de agua. Mientras que el Valle del Yaqui se abastece del sistema de presas del Rio Yaqui, el cual está conformado por las presas de “La Angostura” “El Novillo” y “Oviachic” que en conjunto tienen una capacidad útil de hasta 5900 millones de m<sup>3</sup> (Cruz y García, 2008). El Valle del Mayo se abastece de la cuenca del Rio Mayo y su principal contenedor es la presa Adolfo Ruiz Cortines “Mocúzari” con 950 millones de metros cúbicos como nivel de agua máximo ordinario. El volumen de esta presa tiene fluctuaciones muy críticas a lo largo del año, el cual es monitoreado muy de cerca a fin de controlar el agua comprometida para el riego en el Valle del Mayo (INEGI, 2017). Debido a este déficit de agua para la agricultura y a la poca necesidad hídrica que presenta el cultivo de cártamo para su producción, es común que se generen programas de gobierno que impulsen el establecimiento de esta especie en apoyo a los productores del valle (Aguilera *et al.*, 2021).

Cuadro 3.- Área y producción de cártamo en los municipios que conforman el Valle del Yaqui y Mayo 2019.

<b>Municipio</b>	<b>Área (has)</b>	<b>Promedio producción (kg/ha)</b>
<b>Valle del Yaqui</b>		
Cajeme	1,113	2.18
San Ignacio Rio Muerto	1,499	2.19
Bacúm	788	2.11
Benito Juárez	682	2.20
<b>Valle del Mayo</b>		
Navojoa	5,307	2.30
Etchojoa	5,197	2.20
Huatabampo	4,911.5	2.17

#### **Plagas y enfermedades presentes en la región.**

En cuanto a enfermedades, las más importantes en los Valles del Yaqui y Mayo son la Falsa cenicilla del cartamo ocasionada por el hongo *Ramularia carthami* (Fig. 7), la cual se presentó durante el ciclo agrícola 2003-04. Causando grandes pérdidas para los productores (Ramírez *et al.*, 2017). Debido al poco conocimiento que se tenía sobre este patógeno. Pero gracias a los trabajos realizados por los investigadores del programa de mejoramiento genético del cultivo en el Valle del Yaqui y a el programa de cultivos diversos. Se logro generar materiales con característica de resistencia a esta enfermedad, además del paquete tecnológico para el manejo del cultivo, lo que permitió la convivencia con la enfermedad (Montoya *et al.*, 2008).



Figura 7.- Escala de daño causado por la falsa cenicilla.

Además de la falsa cenicilla, otra enfermedad recurrente en la región es la roya de la hoja ocasionada por el hongo *Puccinia carthami*. (Fig. 8) La cual causa menos estragos que la enfermedad antes mencionada. Sin embargo, si las condiciones climáticas son apropiadas para el desarrollo de esta enfermedad (Montoya, 2010). Es posible que se reduzca la producción. Además, en algunos ciclos agrícolas se pueden presentar otras enfermedades como: *Botrytis cinérea*, *Alternaria* spp., *Stemphylium* spp. entre otras, sin embargo, no han alcanzado a causar mayor problema en la región (Montoya *et al.*, 2008).



Figura 8.- Hoja de cartamo infestada con roya de la hoja.

Son diversas las plagas que se presentan durante el desarrollo del cártamo en la región y cada una tiene el potencial de afectar considerablemente al cultivo si no

se realizan acciones para su control. Aun dicho esto hay autores que mencionan que en México el cultivo no presenta plagas primarias (Valadez, 2015). Al principio de desarrollo del cultivo es común encontrar daño causado por gallina ciega (*Phyllophaga* spp) (Fig. 9), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y la conchilla prieta (*Blapstinus* spp.) Estas dos especies causan daño al alimentarse de las raíces de las plántulas, ocasionado su muerte, lo cual, si no es atendido puede dejar grandes áreas sin cultivo (Borbón *et al.*, 2011).



Figura 9.- Larva de gallina ciega y daño causado en cártamo.

Conforme avanza el desarrollo del cultivo, es posible identificar el daño causado por el gusano solado (*Spodoptera exigua*) (Fig. 10) y el falso medidor de la col (*Trichoplusia ni*) alimentándose de las hojas y de las partes terminales de la planta, el cártamo tiene la capacidad de resistir el daño causado por defoliadores debido a que cuenta con unas hojas amplias y suculentas (Montoya *et al.*, 2008).

Al momento de la formación de botones florales y floración, el daño causado por el complejo de gusanos belloteros (*Heliothis zea*, *H. virescens*) los cuales se alimentan de los botones en formación y en el caso de la floración estas larvas se alimentan de los capítulos formados, barrenándolos de la parte inferior causando que se pudran (Pacheco, 1985).



Figura 10.- Larva de gusano soldado sobre el cultivo de cártamo.

Además de las especies antes mencionadas, durante los periodos de formación de capítulos y floración la planta se ve afectada por el complejo de chinches chupadoras, el cual está conformado por: chinche lygus (*Lygus lineolaris*), chinche apestosa verde y café (*Nezara viridula* y *Euschistus servus*) (Fig. 11). Los cuales chupan capítulos tiernos y flores, ocasionando que los granos queden vanos. Afectando así directamente la producción (Borbón *et al.*, 2011).



Figura 11.- Adulto de chinche apestosa (*Euschistus servus*) sobre un capítulo de cártamo.

En los últimos años se ha reportado el daño en el cultivo causado por el barrenador del cártamo (Diptera: Agromyzidae) el cual se ha reportado desde la década de los 80's en la región (Pacheco, 1985) y en últimas fechas su daño se ha hecho más común en la zona (JLSVH 2020). Se ha reportado que los huevecillos, se insertan en las yemas terminales, donde las larvas al eclosionar se introducen al tallo, alimentándose de su interior hasta llegar a la base del tallo donde crean un crecimiento anormal, pupan y emergen los adultos por orificios previamente iniciados por las larvas (Fig. 12) (Montoya, 2010). Cuando las plantas se encuentran infestadas, las hojas presentan una coloración similar a la de un mosaico ocasionado por un virus y en algunos casos el daño puede ser asintomático (Aguilera *et al.*, 2021).



Figura 12.- Pupa y daño del barrenador del cártamo.

Habitualmente los métodos de control recomendados para enfermedades y plagas son a base de productos químicos, se considera en el manejo agronómico del cultivo una aplicación de fungicidas para el control de la falsa cenicienta y la roya. Además de otra de insecticidas para el control de chinches durante el periodo de fructificación de la planta. El control biológico no es algo común durante el manejo del cultivo (Montoya, 2010). sin embargo, es común la presencia de depredadores en la parcela, como es el caso de caimanes y adultos de: catarina roja (*Hippodamia convergens*) catarina gris (*Olla v-nigrum*), catarina rosada (*Coleomegilla maculata*). Además de caimanes y adultos de crisopa (*Chrysoperla carnea*), en algunos casos es posible encontrar adultos de chinche



pirata (*Orius insidiosus*) (Fig. 13) y chinche ojona (*Geocoris punctipes*). En el caso de Hymenoptera parasítica no se tiene información sobre la presencia de hospederos de estas especies en la parcela (Pacheco, 1985).



Figura 13.- Adulto de chinche pirata (*Orius insidiosus*)

### **Mejoramiento genético del cultivo.**

Por consenso común los fitomejoradores del cultivo han orientado sus esfuerzos a generar materiales que presenten una alta producción y calidad de aceite (Dajue y Mündel, 1996). Así es como se ha logrado cambiar el tipo de ácido graso de linoleico en las variedades comunes a oleico en las variedades mejoradas, atendiendo así una necesidad de la industria (Knowles, 1972).

Sin embargo, durante la historia algunos mejoradores en distintos países han trabajado para producir materiales que presenten resistencia a las principales enfermedades y plagas en sus respectivas regiones (Golkar, 2014). Históricamente los mayores avances en el mejoramiento del cultivo provienen de la India y Estados Unidos, los cuales orientan su investigación a las necesidades presentes en dichos países (Mündel, 2008; Guljar *et al.*, 2017). Sin embargo, en algunas ocasiones países con un modesto programa de mejoramiento han realizado contribuciones importantes en cuanto a materiales resistentes a enfermedades, como es el caso de Australia que incorporo resistencia a

*Alternaria carthami* (Thomas *et al.*, 2008), Canadá que genero materiales con resistencia *Sclerotinia sclerotum* (Mündel *et al.*, 1999).

El mejoramiento genético orientado a la resistencia contra insectos es muy poco y en su mayoría se dedica a la búsqueda de materiales que soporten el ataque de la mosca del cártamo *Acanthiophilus helianti* Rossi (Diptera: Tephritidae) la cual es la principal plaga del cultivo en Asia y Europa (Ashri, 1971; Sabzalian *et al.*, 2010). Además, se han generado trabajos para identificar germoplasma resistente a él pulgón del cártamo (*Uroleucon compositae* Theobald.) el cual es una plaga importante en India (Dambal y Patil, 2016, Saeidi, 2020).

Desde la década de los 90's la investigación sobre el mejoramiento del cultivo se ha orientado a cubrir las siguientes necesidades (Dajue y Mündel 1996):

- Reducir la susceptibilidad del cártamo a las enfermedades foliares causadas por *Botrytis cinerea*, *Cercospora carthami*, *Pseudomonas syringae*, *Puccinia carthami* y *Ramularia carthami*.

- Reducir la susceptibilidad a enfermedades de la raíz causadas por *Phytophthora* spp. *Fusarium oxysporum* f. sp. *carthami* y *Verticillium dahliae*.

- Reducir la susceptibilidad al ataque de insectos orientado al ataque de *A. helianthi*.

Para esto se requieren pruebas precisas que midan rápidamente la resistencia de un gran número de genotipos. Es necesario comprender la herencia de la resistencia en el huésped y la virulencia y no virulencia de diferentes razas fisiológicas de patógenos e insectos (Mündel, 2008).

En México el mejoramiento genético del cultivo se realiza por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarías (INIFAP): en el Campo Experimental las Huastecas (CEHUAS) el cual está orientado a la generación de materiales del tipo linoleico, con alta productividad y resistencia a enfermedades. En los últimos años han liberado las variedades PROMESA y GUAYALEJO que presentan una alta producción, calidad de aceite y son resistentes a *Alternaria* sp. (Valadez y Cervantes, 2016; Valadez y Cervantes, 2017). Por su parte el

Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) se dedica al mejoramiento orientado a generar materiales del tipo oleico y linoleico con alta productividad y calidad de aceite y resistencia a las principales enfermedades de la región. En los últimos años han liberado las variedades CHEY OL y SEMAY OL las cuales presentan alta productividad y en el caso de la segunda, presenta resistencia a la falsa cenicilla causada por *R. carthami*. (Fig. 14) (Ávila *et al.*, 2017; Borbón *et al.*, 2019).



Figura 14.- Capitulo de cártamo presentando el síntoma característico de la Falsa Cenicilla.

En los últimos ciclos agrícolas se ha detectado la presencia del barrenador del tallo del cartamo en ambos valles, el cual ataca en distintas etapas del cultivo causando pérdidas en la producción (Fig. 15) (JLSVH, 2020). Por tanto, los esfuerzos del programa de mejoramiento han orientado su investigación a la búsqueda de materiales que presenten resistencia al ataque de esta plaga.



Figura 15.- Planta de cártamo presentando un síntoma característico del ataque del barrenador del tallo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilera, M. N. A., E. Cortez M., L. A. Aguirre. U., E. Cerna. C. y J. Landeros. F. y A. Hernández. J. En prensa. Respuesta de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) a barrenadores del tallo (Diptera) en el sur de Sonora. Revista Fitotecnia Mexicana.
- Aguilera, M. N. A., A. Hernández. J., L. Montoya. C., L. A. Aguirre. U., E. Cerna. C. y J. Landeros. F. (2021). Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 12(3): 421-432.
- Afshani, N. S., A. N. Khalid., and. A. R. Niazi. (2012) Some new rust fungi (Uredinales) from fairy meadows, Northern areas, Pakistan. Journal of Yeast and Fungal Research. 3(5): 65-73. Doi. <https://doi.org/10.5897/JYFR12.024>
- Ashri, A. (1971). Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. II. Resistance to the safflower fly, *Acanthophilus helianthi* R. Euphytica, 20(3), 410-415.
- Ávila C. E., X. M. Ochoa E., L. Montoya C., N. A. Aguilera M., A. Borbón G. y J. I. Alvarado P. (2017) Chey-ol: nueva variedad de cártamo oleica para el noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8:1209-1212. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.120>.
- Boch, R. 1961. Honey bee activity on safflower (*Carthamus tinctorius* L.), Canadian Journal of Plant Science. 41: 559-562.
- Borbón G. A., J. Pérez M., M. G. García C., X. M. Ochoa E., L. Montoya C. y J. Macías C. (2011) Guía para producir cártamo en Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. Colección RP. 29 p.

- Borbón G. A., L. Montoya C., X. M. Ochoa E., N. A. Aguilera M. E. Ávila C. y C. I. Cota B. (2019). SEMAY OL, Nueva variedad de Cártamo oleica. *Revista Fitotecnia mexicana*. 42(1):83-85.
- Chapman, M. A., Hvala, J., Strever, J. and Burke. J. M. 2010. Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a Near Eastern origin and five centers of diversity. *American Journal of Botany*. 97(5): 831-840. Doi: <https://doi.org/10.3732/ajb.0900137>
- Cho, S. H., Jang, J. H., Yoon, J. Y., Han, C. D., Choi, Y, and Choi, S. W. 2011. Effects of a safflower tea supplement on antioxidative status and bone markers in postmenopausal women. *Nutrition Research and Practice*. 5(1): 20-27. Doi: 10.4162/nrp.2011.5.1.20
- Cruz, M. I. R. y García, P. F. 2008. Modelación de los escurrimientos del Rio Yaqui. *Terra Latinoamericana*. 26(2): 145-152.
- Dajue, L. and H. H. Mündel. 1996 Safflower: *Carthamus tinctorius*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 83 p.
- Dambal I. G. and R. S. Patil. (2016) Screening of safflower germplasm accessions for resistance against safflower aphid (*Uroleucon compositae* Theobald). *Research Journal of Agricultural Sciences*. 7(1): 128-130.
- Delshad, E., Yousefi. M., Sasannezhad, P., Rakhshandeh, H. and Ayati. Z. (2018) Medical uses of *Carthamus tinctorius* L. (Safflower): a comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. *Electronic Physician*. 20(4): 6672-6681. Doi: <http://dx.doi.org/10.19082/6672>
- Ekin, Z. (2005) Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: A global view. *Journal of Agronomy*. 4(2): 83-87.
- Emongor, V. E. (2010) Safflower. (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(6): 299-306.

- Emongor, V. and Oagile, O. (2017) Safflower production. The Botswana University of Agriculture and Natural Resources. Gaborone, Botswana. 62 p.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021) Estadísticas de producción. Consultado en línea (abril 2021) link: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Fernández, M. J., del Rio, M. and de Haro, A. (1993). Survey of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for variants in fatty acid composition and other seed characters. *Euphytica*. 69: 115-122. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00021734>
- Golkar P. (2014) Breeding improvements in safflower (*Carthamus tinctorius* L.): A Review. *Australian Journal of Crop Science*. 8(7):1079-1085.
- Hamdan, Y, A. S., García, M. M. J., Fernández, M. J. M., Velasco, L. and Pérez, V. B. (2012) Mapping of major and modifying genes for high oleic acid content in safflower. *Molecular Breeding*. 30: 1279-1293.
- JLSVH Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle de Huatabampo. (2020) BARRENADOR DEL TALLO DEL CÁRTAMO (*Melanagromyza* sp). Actualidades fitosanitarias. Desplegable para productores.
- Martínez, A. Y., Martínez, Y. O., Córdova, L. J., Valdivié, N. M. y Estarrón, E. M. (2011) Fitoesteroles y escualeno como hipocolesterolémicos en cinco variedades de semillas de *Cucurbita máxima* y *Cucurbita moschata* (calabaza). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 16(1): 72-81.
- Medina, T. C., Portal, F. S y Sánchez. M. A. (2014) Efecto hipocolesterolémico de las fibras solubles extraídas de la paleta de *Opuntia ficus-indica* en *Oryctolagus cuniculus* var. Albinus (New Zeland). *Triaca Magna*. 2(2): 79-88 p.
- Mensink, R. P. and Katan, M. B. (1989) Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density

and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *New England Journal of Medicine*. 321(7): 436- 441. Doi: 10.1056/NEJM198908173210705.

- Montoya, C. L., C. M. Armenta C., J. A. Ramírez A., R. Valenzuela B., I. Armenta C., F. Cabrera C., M de J. Beltrán F., R. A. Lagarda G., A. Borbón G. y X. M. Ochoa. E. (2008) Guía para producir Cártamo INIFAP-CIRNO-CEVY-SEMY. en Sonora. Folleto para productores No. 38. Ciudad Obregón, Sonora. 27 p.
- Montoya C. (2008). Mexican safflower varieties with high tolerance to *Ramularia carthami*. In *Safflower: unexploited potential and world adaptability*. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 3-6 November, 2008. (pp. 1-3). Agri-MC Marketing and Communication.
- Montoya C. L., F. Ochoa B., J. Wong P., M. Camarillo P. y J. Macias C. (2008) CIANO-OL, CIANO-LIN, RC-1002-L, RC-1005-L y RC-1033-L variedades de cártamo altamente tolerantes a falsa cenicilla (*Ramularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto técnico No. 60. Cd. Obregón Sonora. 27p.
- Montoya, C. L (2010) El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L) en México. INIFAP-CIRNO-CENEB. Libro Técnico No. 5. Cd. Obregón Sonora. 96 p.
- Mündel, H. H., C. Huang, H., and J. P. Braun, J. (1999). Registration of lesaf 414, an early-maturing safflower germplasm line. *Crop science*, 39(1): 301-302.
- Mündel H. H. and J. W. Bergman (2009) Safflower. En Vollmann J. and I. Rajcan (eds) *Oil Crops. Handbook of Plant Breeding*, Vol 4. Springer New York. NY. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-77594-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-0-387-77594-4_14)
- Mündel, H. H. (2008) Mayor achievements in safflower breeding and future challenges. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 3-6 November, 2008. (pp. 1-7). Agri-MC Marketing and Communication.



- Gallego, F. T. (2020) El cultivo de alazor en el Frasnó. Cuarta Provincia. (3): 69-81.
- Gautam, S., Bhagyawant, S. S. and Srivastava, N. (2014) Detailed study on therapeutic properties, uses and pharmacological applications of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Ayurveda and Pharma Research. 2(3): 5-16.
- Garduño, S. S. (2002) Aceite de Cártamo Oleico. Aníame. Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles A.C 8(39):4.
- Garduño, S. S. (2009) El aceite (óleo) brilla y chisporrotea en el mundo simbólico y cotidiano de la hospitalidad. Hospitalidad ESDAI. No. 15. 129-152.
- Guljar I., D. and P. Rajesh S. (2017) Screening of safflower germplasm against *Alternaria* Leaf Spot. Plant Archives. 17(1): 454-456.
- Gutiérrez, D. G., Scarpa, G. F. y C. N. Rosso. (2020) Nuevas evidencias históricas del siglo XVIII sobre la presencia de “cardos” en Argentina y sus implicancias etnobotánicas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 55: 295-310. Doi: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n2.26407>
- Hall, C. (2016) Overview of the oilseed safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Encyclopedia of Food Grains. 2<sup>nd</sup> edition. Elsevier. 254-258 p. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00030-9>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017) Estudio de información integrada de la Cuenca del Río Mayo y otras. Conociendo México. México. 92 p.
- Izquierdo, N., Benech, A. R., Batlla, D., González, B. R. and Tognetti, J. (2017) Seed composition in oil crops: its impact on seed germination performance. En: Oilseed Crops: Yield and Adaptations under Environmental Stress, 1<sup>st</sup> edition. John Wiley & Sons Ltd. pp.34- 51

- Jadhav, B. A. and Joshi, A. A. (2015) Extraction and quantitative estimation of bio active component (Yellow and Red Carthamin) from dried safflower petals. *Indian Journal of Science and Technology*. 8(16): 1-5.
- Johnson, R. C. and Dajue, L. (2008) Safflower winter survival and selection response relates to fall growth morphology and acclimation capacity. *Crop Science*. 48(5): 1872-1880. Doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.01.0047>
- Knowles, P. F. (1972) The plant geneticist' contribution toward changing lipid and amino acid composition of safflower. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 49: 27-29. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF02545133>
- Knowles, P. F. (1969) Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm – Safflower. *Economic botany*. 23(4): 324-329.
- Knowles, RE, (1989) Safflower. In. *Oil Crops of the world*. Rob belen. Downey and Ashri Eds. McGraw-Hill, Publishers. pp :361-384.
- Knowles, P. F. and Ashri, A. (1995) Safflower: *Carthamus tinctorius* (Compositae). In *Evolution Crop Plants* 2<sup>nd</sup> edition. Edited by: Smartt J, Simmonds NW. Harlow, UK, Longman. 47-50.
- Orgah, J. O., He. S., Wang. Y. Jiang. M., Wang. Y., Orgah, E. A., Duan, Y., Zhao, B., Zhang. B., Han, J. and Zhu. Y. (2020) Pharmacological potential of the combination of *Salvia miltiorrhiza* (Danshen) and *Carthamus tinctorius* (Honghua) for diabetes mellitus and its cardiovascular complications. *Pharmacological Research*. 153: 104654.
- Pacheco M. F. (1985) Plagas en los cultivos Agrícolas en Sonora y Baja California. Libro Técnico No. 1. CIANO-INIA-SARH. México. p.414.
- Pandey, A. and Kumari, A. (2008) Pollination ecology of safflower (*Carthamus tinctorius* Linn). 7th International Safflower Conference. Wagga Wagga Australia. 11p.

- Qu, C., Xu, D. Q., Yue, S. J., Shen, L. F., Zhou, G. S., Chen, Y. Y., Wang, X. P., Bai, J. Q., Liu, F., Tang, Y. P., Zhao, B. C. and Duan, J. A, (2019) Pharmacodynamics and pharmacokinetics of danshen in isoproterenol-induced acute myocardial ischemic injury combined with honghua. *Journal of Ethno-Pharmacology*. 247: 112284.
- Queiroga, V. de P., Girão, E. G. y Albuquerque, B. E. M. (2021) Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) tecnologías de plantio e utilização. EMBRAPA. ASSOCIAÇÃO DA REVISTA ELETRÔNICA A BARRIGUDA – AREPB. 1ra ed. 149 p.
- Rahamatalla, A. B., Babiker, E. E., Krishna, A. G. and Tinay, A. H. (2001) Changes in fatty acids composition during seed growth and physicochemical characteristics of oil extracted from four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*. 56: 385-395.
- Ramírez A. J. A., F. Cabrera C., L. Montoya C., X. M. Ochoa E. y A. Borbón G. (2017) Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicilla del cártamo en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico no. 101. Cd. Obregón Sonora. 28 p.
- Reta, S. D. G., Sánchez, D. J. I., Reyes, G. A. y Ochoa, M. E. (2019) Respuesta del cártamo forrajero a distanciamiento entre surcos y densidad de población. *Agrofaz*. 1(1):80-91.
- Rivas, J. y Matarazzo, R. (2009) Producción de cártamo, consideraciones generales. INTA. Boletín de divulgación No. 20. 19 p.
- Robles, S. R. (1991) Producción de oleaginosas y textiles. Limusa. 3ra edición. México D. F. 200 p.
- Saeidi K. (2020) Plant resistance to the safflower aphid *Uroleucon carthami* (Theobald) (Homoptera: Aphididae) in Safflower Genotypes. *Munis Entomology & Zoology*. 15(1): 189-196.

- Sabzaljan R. M., G. Saeidi., A. Mirlohi. and B. Hatami. (2010) Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus*): A Possible source of resistance to the safflower fly (*Acanthiophilus helianthi*). *Crop Protection*. 29: 550-555. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.013>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (abril 2021).
- Singh, V, and Nimbkar, N. (2007) Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). in Singh, R. J. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. Vol. 4. Oilseed Crops. CRC Press. U. S. A. 167-194 p.
- Smith, J. R. (1996) Safflower. AOCS Press. Champaign, Illinois. U. S. A. 592 p.
- Thomas, V., R. Norton, and N. Wachsmann, (2008). Variation in response to *Alternaria carthami* infection by a range of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties. In Safflower: unexploited potential and world adaptability. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 3-6 November, 2008. (pp. 1-3). Agri-MC Marketing and Communication.
- Valadez G. J. (2015) Guía para cultivar cártamo optimizando captación de agua para las siembras de temporal en Las Huastecas. INIFAP-CIRNE-CEHUAS. Folleto Técnico No. MX-0-310301-52-03-14-09-40. ISBN: 978-607-37-0415-1. 23 p.
- Valadez G. J. y J. E. Cervantes. M. (2016) Guayalejo, variedad de cártamo para la región de las huastecas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 39 (1): 97-99.
- Valadez G. J. y J. E. Cervantes. M. (2017) Promesa, variedad de polinización libre de cártamo para la región de las Huastecas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 40(1): 103-107.

- Weiss, E. A. (2000) Oilseed Crops. Second Edition, Blackwell Science, Oxford, Chapter 4: 93-129.
- Whelan, J. and Fritsche, K. (2013) Linoleic acid, *Advances in Nutrition*. 4(3): 311-312. Doi: <https://doi.org/10.3945/an.113.003772>
- Yeo, J., Shahidi, F. and Smith. J. (2020) Safflower oil. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1-44 Doi: <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio052.pub2>
- Yu, G., Luo, Z., Zhou, Y., Zhang, L., Wu, Y., Ding, L. and Shi, Y. (2019) Uncovering the pharmacological mechanism of *Carthamus tinctorius* L. on cardiovascular disease by a systems pharmacology approach. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 117: 109094. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109094>.
- Zemour, K., Labdelli, A., Adda, A., Dellal, A., Talou, T. and Merah, O. (2019) Phenol content and antioxidant and Antiaging activity of safflower seed oil (*Carthamus tinctorius* L.). *Cosmetics*. 6(55): 1-11 Doi: 10.3390/cosmetics6030055
- Zhou, X., Tang, L., Xu, Y., Zhou, G. and Wang, Z. (2013) Towards a better understanding of a medicinal uses of *Carthamus tinctorius* L. in traditional Chinese medicine: A phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*. 151: 27-31

**ARTÍCULO 1**

**COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS ÉLITE DE CÁRTAMO DE ALTA  
PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE ACEITE EN EL VALLE DEL  
YAQUI, SONORA**

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12 número 3 01 de abril 15 de mayo, 2021

Artículo

## Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora

Néstor Alberto Aguilera-Molina<sup>1</sup>

Agustín Hernández-Juárez<sup>1§</sup>

Lope Montoya-Coronado<sup>2</sup>

Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>1</sup>

Ernesto Cerna-Chávez<sup>1</sup>

Jerónimo Landeros-Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Parasitología. Calzada Antonio Narro núm. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (aguilera.nestor@inifap.gob.mx; luisaguirreu@yahoo.com.mx; jabaly1@yahoo.com). CP. 25315. <sup>2</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Dr. Norman E. Borlaug km 12, Valle del Yaqui, Cajeme, Ciudad Obregón, Sonora, México. CP. 8500. (montoya.lope@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: chinoahj14@hotmail.com.

### Resumen

El cártamo *Carthamus tinctorius* L. es un cultivo que ha sido adoptado por un gran número de productores, particularmente en el Noroeste del país, debido a su gran adaptabilidad y a su poco requerimiento hídrico, a causa de las grandes

demandas que presenta la industria de oleaginosas en el país. Desde la década de los 70's se ha trabajado para generar materiales que sean altamente productivos, con buen porcentaje y calidad de aceite y con características de resistencia a las principales enfermedades presentes en la región (falsa cenicilla y roya de la hoja). Por esto el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las líneas elite de cártamo generadas por el programa de mejoramiento genético en la región (23 oleicas y 1 linoleica). Dichas líneas se establecieron durante los ciclos 2017-2018 y 2018-2019. Se evaluó su comportamiento agronómico bajo las condiciones presentes del Valle del Yaqui. Se encontraron líneas del tipo oleico que superaron a los testigos Ciano ol y Chey ol, variedades que se siembran ampliamente en la región. Además, se encontró que la línea del tipo linoleico presentó mejores características agronómicas, producción y contenido de aceite que el testigo RC-1002 lo cual lleva a concluir que dentro de las líneas evaluadas hay materiales potenciales para ser liberados como variedad.

**Palabras clave:** fitomejoramiento, oleaginosas, producción.

Recibido: enero de 2021

Aceptado: marzo de 2021

## Introducción

El cártamo *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae) es una especie que se cultiva a nivel mundial, es originaria de medio oriente y tradicionalmente fue utilizada para producir tintes a partir de sus pétalos. En la actualidad se utiliza tanto para fines medicinales como alimenticios (Machewad *et al.*, 2012; Asgarpanah y Kasemivash, 2013). La mayor parte de la producción de grano se utiliza para la extracción de aceite, el cual es de muy buena calidad y hay de dos tipos los que contienen una alta concentración de ácido linoleico y los que contienen ácido oleico, los cuales traen beneficios para la alimentación de la población en general (Borbón *et al.*, 2019).



Los principales países productores de cártamo a nivel mundial son: Kazajistán, Rusia, México y Estados Unidos, con una producción de 196 000, 193 000, 96 000 y 90 000 ton respectivamente (FAOSTAT, 2019). En el mundo generalmente se cultiva en terrenos escasamente fértiles o de poco rendimiento debido a las condiciones 'rústicas' que presenta esta especie. Sin embargo, en el sur de Sonora debido a las condiciones de déficit hídrico, el cártamo ha sido adoptado por una gran número de agricultores, los cuales en su mayoría lo cultivan en terrenos de buena calidad (Montoya, 2010). Y aunque México es uno de los principales productores mundiales del cultivo, durante 2016 solo se logró cubrir 50.5% de semilla de cártamo requerido por la industria nacional (Ramos *et al.*, 2019). Situación que es constante desde la década de los 90's (Chanda *et al.*, 1990).

En México el cártamo es cultivado principalmente para la producción de aceite comestible y en los últimos años se han llevado a cabo experimentos para evaluar su uso como forraje ya sea ensilado o en fresco para ganado bovino y caprino (Landau *et al.*, 2004; Reta *et al.*, 2017). La producción de esta especie se concentra en el norte del país dentro de los estados de: Sonora, Baja California y Tamaulipas, con una superficie de 15 000, 2 600 y 1 910 ha sembradas.

El cultivo de cártamo genera 0.11% del PIB agrícola nacional y cubre 15.31% de la producción de oleaginosas nacional (SAGARPA, 2017; SIAP, 2021), su cosecha está completamente mecanizada y los lugares donde se presenta la mayor productividad es donde se irriga, como es el caso de Sonora, donde la mayor parte de esta área está concentrada dentro de los Valles del Yaqui y Mayo (Silveira *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2017). Siendo estas las regiones más importantes del estado, en el Yaqui se establecen dos ciclos en el año, donde en el otoño invierno los cultivos más importantes son el trigo y el maíz y durante el verano se establece un área importante de soya y maíz dependiendo de la disponibilidad de por parte del sistema de presas del Rio Yaqui (Cerutti, 2019).

El cártamo es un cultivo de gran importancia en el noroeste de México, gracias a su capacidad de producción con bajos niveles de agua, en comparación con el cultivo de trigo, el cual predomina en la región; sin embargo, debido a los efectos del cambio climático cada vez se registran menos captaciones de agua en el sistema de presas del Río Yaqui (Minjares *et al.*, 2010), es importante tomar en cuenta que una parte del agua contenida en estos reservorios es utilizada para el consumo humano, por las localidades de la cuenca del Río Yaqui, además la insistencia por los productores de sembrar trigo ha reducido cada vez el área de siembra de cultivos de verano como: soya, sorgo, entre otros. Lo cual ha ocasionado déficit hídrico para el cultivo de trigo (Paquini *et al.*, 2016).

En el Valle del Mayo esta problemática es más evidente debido que esta región no se irriga con el sistema de presas, sino con la presa del Mocúzari la cuales es abastecida con el caudal proveniente del Río Mayo, que no da abasto para mantener el área agrícola, por lo cual es común que se registren programas de gobierno que impulsen la siembra del cultivo de cártamo el cual es óptimo debido a su bajo requerimiento de agua (Khalili *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2016).

El programa de mejoramiento genético cártamo inicio desde la década de los 70's con el objetivo de identificar materiales que se adapten a las condiciones de la región y que presenten calidad y productividad (Quilantán, 1978). A lo largo del tiempo se ha trabajado para generar materiales que cubran las necesidades de los productores y gracias a esta actividad se han logrado liberar variedades con resistencia a distintas enfermedades de importancia mundial como la roya del cártamo (*Puccinia carthami*) y alternaria (*Alternaria carthami*) (Montoya y Ochoa, 2006).

Durante el ciclo agrícola 2000-2001 en los Valles del Yaqui y Mayo se presentó la enfermedad conocida como falsa cenicilla ocasionada por el hongo *R. carthami* (Hostert *et al.*, 2006) la cual durante el ciclo 2003-2004 presentó el mayor daño registrado, durante este ciclo se habían establecido 107 833 ha en el Valle el área más grande en los últimos 15 años, de las cuales se reportaron

siniestradas 2 410 a causa de la enfermedad (SIAP 2021), se estimó que en esta zona la falsa cenicilla ocasionó una pérdida por alrededor de 133 000 t equivalentes a 440 millones de pesos, como resultado de esto se inició la generación de variedades que presentaran características de resistencia y los primeros resultados de este trabajo se vieron reflejados en 2008 cuando se liberaron las primeras variedades tolerantes a esta enfermedad (Montoya *et al.*, 2008; Montoya, 2010; Borbón *et al.*, 2011; JLSVVY, 2019).

Con el paso del tiempo el área de siembra del cultivo ha variado en el estado de Sonora, a partir de 2010 el año con la mayor superficie fue 2012 con 56 452 ha, seguido de 2011 con 45 202 ha, la constante presión de la enfermedad, así como la disponibilidad de agua y el precio del cultivo han propiciado que durante 2019 se presentara la superficie más baja con solo 13 397 ha sembradas en el estado (Montoya *et al.*, 2008; Ávila *et al.*, 2014; SIAP 2021). Además, las condiciones climáticas han estado cambiando y es necesario continuar generando materiales que se adapten a este escenario (Padmavathi y Virmani, 2013).

Dentro del cultivo de cártamo existen dos tipos: los que producen un aceite de alto porcentaje de monoinsaturados y ácido oleico, y aquellas de con alta concentración de ácidos poliinsaturados y ácido linoleico (Zapata, 2010; SAGARPA, 2017). Históricamente dentro del programa de mejoramiento genético se generaban variedades que contenían aceite del tipo linoleico, debido a que era lo requerido por la industria (Montoya *et al.*, 2008; Borbón *et al.*, 2011); sin embargo, en los últimos años atendiendo las necesidades de la industria de los aceites comestibles se hizo énfasis en la generación de materiales de cártamo con alto contenido de ácido oleico (Montoya *et al.*, 2008) debido a las propiedades benignas que tiene sobre la alimentación humana (Montes *et al.*, 2016).

Pero aún se mantiene la investigación de materiales del tipo linoleico, con el propósito de prevenir posibles necesidades de estos materiales en el futuro próximo, por parte de los agricultores y la industria (Montoya *et al.*, 2008). Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento

agronómico de las líneas elite del tipo oleico y linoleico generadas por el programa de mejoramiento genético y además identificar posibles materiales candidatos a ser liberados como nuevas variedades. con base a su potencial productivo, calidad y tolerancia a las enfermedades presentes en la región.

## Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, durante los ciclos otoño-invierno 2016-17 y otoño-invierno 2017-2018 donde se aplicó un riego previo para poder sembrarlas a tierra venida, con fechas de siembra de: 20 de diciembre de 2017 y el 24 de enero de 2019 respectivamente. Se establecieron 24 líneas elite (Cuadro 1), provenientes del programa de mejoramiento de cártamo (23 oleicas, 1 linoleica), seleccionadas por sus buenas características agronómicas, así como su buena producción y calidad de aceite, también por presentar tolerancia a la falsa cenicienta y 3 testigos RC-1002 (linoleico), Chey ol y Ciano ol (Oleico), variedades que se siembran ampliamente en la región. Todos los materiales fueron generados por el programa mediante métodos tradicionales de mejoramiento (Pedigree) y selección. A lo largo de su desarrollo fueron sometidas a diferentes tipos de estrés y se realizaron selecciones recurrentes para poder llegar a obtener dichos materiales.

**Cuadro 1. Líneas y variedades utilizados para el desarrollo del presente estudio.**

Material	Origen	Tipo	Material	Origen	Tipo
0272-12-3-5-OY	Línea elite	Oleico	CC1644-1-2-0Y	Línea elite	Oleico
0272-3-2	Línea elite	Oleico	CCC-1561	Línea elite	Oleico
C-27-1Y-2Y(A/N)	Línea elite	Oleico	CCC-1564-1-1-1-1-0Y	Línea elite	Oleico

C-32-0Y	Línea elite	Oleico	CCC-1633-1-1-1-0Y	Línea elite	Oleico
C-54-1-0Y	Línea elite	Oleico	CCC-1651-1-1-1-2-0Y	Línea elite	Oleico
C-56-1Y-1Y	Línea elite	Oleico	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	Línea elite	Oleico
C-61-1Y-1Y	Línea elite	Oleico	CCC-1672-1-1-1-1	Línea elite	Oleico
C-63-0Y	Línea elite	Oleico	S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	Línea elite	Oleico
C-65-0Y	Línea elite	Oleico	CIANO-OL/.... CC1658-1-0Y	Línea elite	Oleico
C-72-0Y	Línea elite	Oleico	S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	Línea elite	Oleico
CC-14-31-5-1-0Y.... 1-2-0Y	Línea elite	Oleico	CHEY-OL	Variedad	Oleico
CC1567-1-1-0Y-1C	Línea elite	Oleico	CIANO-OL	Variedad	Oleico
CC-15-76-1-1-0Y-1C	Línea elite	Oleico	RC-1002	Variedad	Linoleico
CC1631-1-1-1-1	Línea elite	Oleico			
CC1635-1-1-1-1Y	Línea elite	Linoleico			

Se estableció un diseño experimental totalmente al azar con cuatro repeticiones, en una parcela de cuatro surcos a 80 cm de separación y una longitud de 6 m (19.2 m<sup>2</sup>). A estos materiales se les dio el manejo agronómico recomendado por el INIFAP en la región, el cual consistió en una fertilización de 150-52-00 (N-P-K), además se realizaron dos riegos de auxilio durante la etapa de elongación de tallo y la de formación de botones florales, se aplicaron insecticidas para el control de insectos y no se llevó a cabo ninguna aplicación para el control de enfermedades.

Se llevaron a cabo muestreos semanales cuando la planta pasó la etapa de roseta y hasta el inicio de floración, en busca de las lesiones características causadas por la falsa cenicienta *R. carthami*. Y la roya de la hoja causada por *Puccinia carthami*. De igual forma, se tomaron datos climáticos de la estación automatizada ubicada dentro del block 910, registrando las variables de:

temperatura promedio, máxima y mínima, humedad relativa y precipitación (REMAS, 2019).

En cuanto a variables agronómicas se registraron las variables de: altura de planta, donde se tomó la medida de tres plantas por repetición con ayuda de un estadal y se promediaron los valores. Para determinar la madurez fisiológica se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta que la planta presentara síntomas de senescencia. La incidencia y severidad de la falsa cenicilla fue determinada utilizando la escala propuesta por Ramírez *et al.* (2011). La cual consistió en dividir visualmente en tercios inferior, medio y superior. Para evaluar la severidad se utilizó una escala arbitraria y continua de 1 a 100%, de acuerdo con la estimación visual de área foliar afectada por los síntomas en cada hoja muestreada. Se tomaron datos de una hoja por estrato por planta.

Para la variable rendimiento de cosecharon 4 m de la parcela dejando 1 m de cabecera en los bordes, para después ser procesados con una trilladora de tipo 'Pullman', pesar el grano obtenido y convertirlo a  $\text{kg ha}^{-1}$ . A los valores obtenidos de esta variable se les realizó un análisis de varianza y una prueba de medias con diferencia mínima significativa (DMS) para determinar significancias estadísticas. Del producto cosechado se tomó una muestra de 100 g de grano y fue procesada con un analizador de aceite de la FOSS para determinar el contenido de aceite.

## Resultados y discusión

Durante los dos ciclos de evaluación las condiciones climáticas no fueron favorables para el desarrollo de la falsa cenicilla; sin embargo; durante el primer ciclo de evaluación 2017-2018 se presentaron síntomas leves de la enfermedad en las líneas, C-54-1-OY, C-27-1Y-2Y(A/N), S-518SEL-PPR'SS10 (A/N) los cuales no llegaron ni al 5% del área foliar afectada según la escala propuesta por Ramírez *et al.*, 2011 y durante el segundo ciclo de evaluación no se presentaron síntomas de la enfermedad en ninguna de las líneas, ni en los testigos regionales

Al respecto Ramírez *et al.* (2011); Singh *et al.* (2019) mencionan que *R. carthami* es una enfermedad que requiere condiciones específicas de temperatura y humedad, además de que los materiales evaluados en el estudio fueron seleccionados aparte de sus características agronómicas y de calidad de aceite, por presentar resistencia a dicha enfermedad. Solo se llevó a cabo una aplicación para el control del complejo de insectos chupadores (*Lygus lineolaris* y *Nezara viridula*) presentes durante el periodo de formación de botones y floración. Dicha aplicación se realizó con un avión, debido a la imposibilidad de hacerla terrestre a causa de la altura del cultivo. En el Cuadro 2 se observó la variabilidad en cuanto a las características agronómicas de los materiales evaluados.

Las diferencias entre las variables de días a madurez y altura, durante los dos ciclos evaluados se debe a la distinta fecha de siembra, la primera del 20 de diciembre de 2019 y la otra del 24 de enero de 2019. Durante ambos periodos de siembra todos los materiales cumplieron su ciclo vegetativo antes del periodo de tiempo de 140 a 150 días (Navejas *et al.*, 2008; Nikabadi *et al.*, 2008); Padmavathi y Virmani, 2013; Ávila *et al.*, 2014), para el Noroeste. Incluso durante el segundo año de evaluación algunas líneas como: C-56-1Y-1Y, CCC-1561, CCC-1672-1-1-1-1.

**Cuadro 2. Datos agronómicos de las líneas elite de cártamo ciclos 2017-2018, 2018-2019. Ciudad Obregón Sonora.**

Genotipo	Días a madurez		Altura (cm)	
	2017-18	2018-19	2017-18	2018-19
0272-12-3-5-OY	133	105	137	101
0272-3-2	135	104	142	99
C-27-1Y-2Y(A/N)	137	102	137	98
C-32-0Y	138	109	146	97
C-54-1-OY	135	106	139	96

C-56-1Y-1Y	138	96	138	95
C-61-1Y-1Y	138	100	134	100
C-63-0Y	138	110	146	101
C-65-0Y	138	105	149	95
C-72-0Y	138	107	143	99
CC-14-31-5-1-0Y.... 1-2-0Y	135	137	165	102
CC1567-1-1-0Y-1C	133	105	142	99
CC-15-76-1-1-0Y-1C	133	103	144	95
CC1631-1-1-1-1	138	101	134	102
CC1635-1-1-1-1Y	138	106	151	93
CC1644-1-2-0Y	137	113	146	107
CCC-1561	137	93	146	91
CCC-1564-1-1-1-1-0Y	137	112	141	96
CCC-1633-1-1-1-0Y	135	111	146	97
CCC-1651-1-1-1-2-0Y	135	116	145	110
CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	138	113	153	105
CCC-1672-1-1-1-1	138	97	141	92
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	137	101	143	98
CIANO-OL/.... CC1658-1-0Y	138	103	165	106
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	137	101	143	98
CHEY-OL	138	137	127	94
CIANO-OL	135	137	163	102
RC-1002	135	137	131	96

---



Lograron completar el ciclo antes de los 100 días superando por mucho lo reportado anteriormente coincidiendo a lo reportado por Bellé *et al.* (2012); Navejas *et al.* (2014); Ramonda (2019) los cuales mencionan que la fecha de siembra es un factor muy importante para el desarrollo del cultivo, ya que plantas establecidas en fechas tempranas tienden a alargar su ciclo y producir portes exuberantes en comparación con plantas de fechas tardías e intermedias que acortan su ciclo vegetativo y su altura. De acuerdo con Montoya (2010); Golkar *et al.* (2012) materiales con características de precocidad, de un porte compacto, contenido de aceite por encima de 38% y una buena producción, son favorables para ser liberadas como variedades comerciales.

La producción potencial de aceite en el cultivo de cártamo es una característica extremadamente compleja y es el resultado de múltiples funciones del crecimiento y desarrollo, las cuales están controladas por la interacción del genotipo y el ambiente (Kuruvadi *et al.*, 1993; Ashrafi y Razmjoo, 2010). A lo largo del tiempo siempre ha sido un objetivo primordial de los fitomejoradores de cártamo el introducir esta característica a todos los materiales que se generan ya que, aunque se le pueden dar distintos usos al cultivo, su vocación natural es la producción de aceite para consumo humano y ocasionado por la búsqueda de nuevas fuentes de energía se ha investigado su potencial para producir biocombustible (Ullah y Bano, 2011; Vosoughkia *et al.*, 2012; Eryilmaz y Yesilyurt, 2016).

A lo largo del tiempo el programa de mejoramiento genético se había dedicado a generar materiales del tipo linoleico, los cuales se han cultivado en diferentes países de medio oriente como Irán e India (Pourad, 2008; Mahboobeh *et al.*, 2011), en los últimos años la investigación ha disminuido en este apartado. Dentro de los materiales evaluados de este tipo se encuentra la línea: CC1635-11-1-1Y la cual ha presentado valores de producción y porcentaje de aceite superior al testigo del tipo Linoleico RC-1002 (Cuadro 3) (Montoya 2008). Y a otras variedades comerciales del mismo tipo como son la variedad 'Promesa y

Guayalejo' de reciente liberación (Valadez y Cervantes, 2013; Valadez y Gutiérrez, 2017).

**Cuadro 3. Producción y calidad de líneas elite de cártamo ciclos 2017-2018, 2018-2019. Ciudad Obregón Sonora.**

Genotipo	% de aceite		Rendimiento (Kg/ha)			
	2017-18	2018-19	2017-18	2018-19		
0272-12-3-5-OY	34.82	36.43	1575	abcde	1764	abc
0272-3-2	38.01	37.66	1968	ab	1216	c
C-27-1Y-2Y(A/N)	37.71	37.44	1548	abcde	1849	ab
C-32-0Y	37.44	37.1	1473	bcde	1329	bc
C-54-1-OY	37.28	37.62	1697	abcde	1367	bc
C-56-1Y-1Y	37.8	37.65	1629	abcde	1271	bc
C-61-1Y-1Y	37.21	38.72	1314	de	1193	c
C-63-0Y	39.44	38.1	1665	abcde	1994	a
C-65-0Y	38.97	38.27	1670	abcde	1292	abc
C-72-0Y	36.49	36.13	2028	a	1277	bc
CC-14-31-5-1-OY.... 1-2-0Y	39.76	43.32	1717	abcde	1703	abc
CC1567-1-1-0Y-1C	38.22	37.85	1479	abcde	1398	abc
CC-15-76-1-1-0Y-1C	36.77	37.66	1200	de	1174	c
CC1631-1-1-1-1	38.42	36.78	1214	de	1246	bc
CC1635-1-1-1-1Y	40.45	39.17	1436	bcde	1215	c
CC1644-1-2-0Y	36.76	36.68	1362	cde	1213	c
CCC-1561	38.16	36.93	1704	abcd	1432	abc
CCC-1564-1-1-1-1-0Y	37.13	37.68	1139	e	1554	abc
CCC-1633-1-1-1-0Y	37.25	37.69	1488	abcde	1328	bc

CCC-1651-1-1-1-2-0Y	37.96	37.95	1234	de	1323	bc
CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	37.95	36.65	1647	abcde	1471	abc
CCC-1672-1-1-1-1	42.16	37.95	1672	abcde	1217	c
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	38.22	36.43	1634	abcde	1183	c
CIANO-OL/.... CC1658-1-0Y	37.02	36.88	1276	ded	1288	bc
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	38.22	36.43	1634	abcde	1183	c
CHEY-OL	36.4	36.24	1614	abcde	1193	c
CIANO-OL	37.76	37.24	1676	abcde	1500	abc
RC-1002	40.77	37.37	1892	abc	1319	bc

$\alpha = 95\%$ ; DMS 2017-2018= 571.244; DMS 2018-2019= 624.522.

En los últimos años la investigación se ha orientado a generar materiales con alto contenido de ácido oleico. Dentro de las líneas evaluadas se pueden encontrar algunas que presentan valores de producción y contenido de aceite superior al de los testigos Ciano Ol y Chey Ol. de entre estas se pueden encontrar: CC-14-31-5-1-OY 1-2-0Y, y CCC-1672-1-1-1-1 con un porcentaje de aceite de 43% y de 42% respectivamente. Superando a ampliamente a los testigos anteriormente mencionados lo cuales presentan solo 37 y 36% de aceite (Montoya *et al.*, 2008; Ávila *et al.*, 2017).

### Conclusiones

Dentro de los materiales evaluados hay líneas del tipo oleico como: CC-14-31-5-1-OY. 1-2-0Y y CCC-1672-1-1-1-1. que presentan características agronómicas que las hacen posibles candidatas a ser liberadas como variedades; sin embargo, es necesario hacer evaluaciones en las distintas regiones productoras del noroeste de México para conocer su comportamiento bajo las distintas características climáticas presentes en cada zona.

Aunque la investigación con respecto a materiales linoleicos ha disminuido, aún se siguen generando materiales con el objetivo de satisfacer posibles

necesidades del productor y de la industria. Como es el caso de la línea CC1635-1-1-1-1Y la cual ha logrado superar al testigo linoleico RC-1002. Y lo cual la coloca como candidata a ser liberada como variedad en caso de que los materiales del tipo linoleico sean requeridos.

Los resultados de este trabajo demuestran que dentro del programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo se han obtenido buenos resultados y si bien, la generación de materiales que presenten resistencia a enfermedades y alta productividad y contenido de aceite es un incentivo para que los productores se decidan a cultivar cártamo, la verdad es que el factor determinante para que la superficie de cártamo se incremente es el precio.

#### Agradecimientos

Los autores(as) agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado al desarrollo de este trabajo y al Programa de Mejoramiento Genético del cultivo de cártamo del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por las facilidades otorgadas en la elaboración de este estudio.

#### Literatura citada

- Asgarpanah, J. and Kasemivash, N. 2013. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. Chinese J. Integrative Medicine. 19(2):153-159. <https://doi.org/10.1007/s11655-013-1354-5>.
- Ashrafi, E. and Razmjoo, K. 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. J. American Oil Chemists Society. 87(5):499-506. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1527-8>.
- Ávila, C. E. J. I.; Alvarado, P. M.; Camarillo, P. X. M.; Ochoa, E. y Montoya, L. C. 2014. Descripción de variedades de cártamo para el Valle de Mexicali. B.

- C. INIFAP-CIRNOCEMEXI. Mexicali, Baja California. Folleto para productores núm. 62. 12 p.
- Ávila, C. E. X. M.; Ochoa, E. L.; Montoya, C. N. A.; Aguilera, M. A.; Borbón, G. y Alvarado, J. I. P. 2017. Chey-ol: nueva variedad de cártamo oleica para el noroeste de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(5):1209-1212.
- Bellé, A. R. E.; Kersting-Da, R. F. A. A.; Londero, B. M.; Neuhaus, M. and Teixeira, N. S. 2012. Safflower grown in diferents sowing dates and plant densities. *Ciencia Rural.* 42(12):2145-2152. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000106>.
- Borbón, G. A. L.; Montoya, C. X. M.; Ochoa, E. N. A.; Aguilera, M. E.; Ávila, C. y Cota, C. I. B. 2019. SEMAY OL, Nueva variedad de cártamo oleica. *Rev. Fitotec. Mex.* 42(1):83-85.
- Borbón, G. A. X. M.; Ochoa, E. L.; Montoya, C. J.; Pérez, M. y García, M. G. C. 2011. CIANOLIN: nueva variedad de cártamo linoleica. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(5):791-794.
- Cerutti, M. 2019. Trigo y revolución verde en el noroeste de México mundo agrario. 20(43):1930-1970. Doi: <https://doi.org/10.24215/15155994e103>.
- Chanda, M. G. S.; Muñoz, V. R. D. y García, P. 1990. San José 89: nueva variedad de cártamo. INIFAP-CIFAES-CEVY. Cd. Obregón Sonora. Folleto para técnico núm. 16. 16 p.
- Eryilmaz, T. and Yesilyurt, M. K. 2016. Influence of blending ratio on the physicochemical properties of safflower oil methyl ester-safflower oil, safflower oil methyl ester-diesel and safflower oil-diesel. *Renewable Energy.* 95:233-247. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.009>.
- FAOSTAT. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.

- Golkar, P. A.; Arzani. and Rezael, A. 2012. Genetic analysis of agronomic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 40(1):276-281. Doi: <https://doi.org/10.15835/nbha4017209>.
- Hostert, N. D. C. L.; Blomquist, S. L.; Thomas, D. G.; Fogle, D. G. and Davis, R. M. 2006. First report of *Ramularia carthami*, causal agent of Ramularia leaf spot of safflower, in California. *Plant Disease*. 90(9):1260-1261. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1260C>.
- JLSVVY. 2019. Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui. Falsa cenicilla del cártamo. [http://jlsvyaqui.org.mx/?page\\_id=122](http://jlsvyaqui.org.mx/?page_id=122).
- Khalili, M. A.; Pour-Aboughadareh, M. R.; Naghavi, M. R. and Mohammad-amini, E. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 42(1):214-218. Doi:10.15835/nbha4219331.
- Kuruvadi, S. R. Aguilera, R. y López, A. B. 1993. Coeficiente de sendero para aceite y sus componentes asociados en cártamo bajo ambientes de riego y temporal. *Agraria, Revista Científica UAAAN*. 9(2):116-125.
- Landau, S. S.; Friedman, S.; Brenner, I.; Bruckental, Z. G.; Weinberg, G.; Ashbell, Y.; Hen, L.; Dvash, Y. and Leshem, Y. 2004. The value of safflower (*Carthamus tinctorius*) hay and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle. *Livestock Production Science*. 88(3):263-271. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.11.011>.
- Machewad, G. M. P.; Ghatge, V.; Chappalwar, B.; Jadhav, B. and Chappalwar, A. 2012. Studies on extraction of safflower pigments and its utilization in ice cream. *J. Food Proc. Technol*. 3(6):3-8. Doi: 10.4172/2157-7110.1000172.
- Mahboobeh, V. M.; Ghavamib, M.; Gharachorloo, M.; Sharrifmoghaddasi, M. and Omidi A. A. 2011. Lipid composition and oxidative stability of oils in

- safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed varieties grow in Iran. *Adv. Envirom. Biol.* 5(5):897-902.
- Martínez, C. D. A. J.; Chávez, M. A.; Bustamante, G. O. L.; Palacios, V. M. L.; De-Isla, B. y Tijerina, L. C. 2016. Variación espacial de la calidad del agua para uso agrícola del acuífero costero del Valle del Mayo, Sonora, México. *Hidrobiológica.* 26(1):109-119.
- Minjarez, L. J. L. B.; Valdés, J. R. F.; Salmon, C. and Oroz, L. A R. 2010. Sustainable planning, management, and evaluation of water resources in irrigation District No. 041, Río Yaqui, Mexico. *Water technology and sciences, formerly hydraulic engineering in Mexico.* 1(1):137-151.
- Montes, O. N. I.; Millar, M. R.; Provoste, L. N.; Martínez, M. D.; Fernández, Z. G.; Morales, I. y Valenzuela, R. B. 2016. Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición.* 43(1):87-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>.
- Montoya, C. L. C. M.; Armenta, C. J. A.; Ramírez, A. R.; Valenzuela, B. I.; Armenta, C. F.; Cabrera, C. M J.; Beltrán, F. R. A.; Lagarda, G. A.; Borbón, G. y Ochoa, X. M. E. 2008. Guía para producir cártamo INIFAP-CIRNO-CEVY-SEMAY en Sonora. Ciudad Obregón, Sonora. Folleto para productores núm. 38. 27 p.
- Montoya, C. L. F.; Ochoa, B. J.; Wong, P. M.; Camarillo, P. y Macias, J. C. 2008. CIANO-OL, CIANO-LIN, RC-1002-L, RC-1005-L y RC-1033-L variedades de cártamo altamente tolerantes a falsa cenicilla (*Ramularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CEVY. Cd. Obregón Sonora. Folleto técnico núm. 60. 27 p.
- Montoya, C. L. y Ochoa, F. B. 2006. Guía para producir cártamo en el sur de Sonora. INIFAPCIRNO-CESS, Cd. Obregón Sonora. Folleto para productores núm. 37. 24 p.
- Montoya, C. L. 2010. El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México. INIFAP-CIRNOCENEB. Cd. Obregón Sonora. Libro técnico núm. 5. 96 p.

- Navejas, J. J. L.; Montoya, C. y Gutierrez, E. P. 2008. Guía para producir cártamo en el Valle de Santo Domingo. BCS. INIFAP-CIRNO-SESD. Santo Domingo, Baja California Sur. Folleto para productores núm. 17. 17 p.
- Navejas, J. J. J. A. C.; Navarro A. y Gutierrez, E. P. 2014. Paquete tecnológico para la producción de cártamo. INIFAP-CIRNO-CETODS. La Paz, Baja California Sur. Folleto para productores núm. 19. 17 p.
- Nikabadi, S. A.; Soleimani, S. M.; Dehdashti, S. M. and Yazdanibakhsh, M. 2008. Effect of sowing dates on yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Isfahan Region. Pak. J. Biol. Sci. 11(5):1953-1956. Doi: 10.3923/pjbs.2008.1953.1956.
- Padmavathi, P. and Virmani, S. M. 2013. Impact of climate change on safflower (*Carthamus tinctorius* L) in India and México. J. Agrometeorology. 15(1):58-61.
- Paquini, R. S. L. I.; Benítez, R. H. E.; Villaseñor, M. A.; Muñoz, O. y Vaquera, H. H. 2016. Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de variedades mexicanas de trigo. Rev. Fitotec. Mex. 39(4):367-378.
- Pourad, S. 2008. Study on drought resistance indices in spring safflower. Acta Agronómica Hungarica. 56(2):203-212. <https://doi.org/10.1556/AAgr.56.2008.2.9>.
- Quilantán, V. L. 1978. Cártamo. In: Cervantes, S. T. (Ed.). Recursos genéticos disponibles a México. Sociedad Mexicana de Citogenética, AC. 209-213 pp.
- Ramírez, A. J. A. C. M.; Armenta, C. L.; Montoya, C. F.; Cabrera, C. y Valenzuela, J. R. B 2011. Epidemiología de la falsa cenicilla del cártamo (*Ramularia carthami*) en el sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Cd. Obregón Sonora. Folleto técnico núm. 82. 24 p.



- Ramírez, A. J. A. F.; Cabrera, C. L.; Montoya, C. X. M.; Ochoa E. y Borbón, A. G. 2017. Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicienta del cártamo en el sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Cd. Obregón Sonora. Folleto técnico núm. 101. 28 p.
- Ramonda, F. C. J.; Ferrero, Fritz, F. y Baudino, E. M. 2019. Influencia de la fecha de siembra sobre los determinantes fisiológicos y numéricos del rendimiento en el cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la pampa. SEMIARIDA. 29(1):63-69. <https://doi.org/10.19137/semiarida>.
- Ramos, A. M. J. G.; Barrios, P. Z.; Hernández, A. J. y Hernández, O. 2019. Impacto de una posible depreciación del peso mexicano en las importaciones mexicanas de oleaginosas. Rev. Mex. Agronegocios. 44:208-220. Doi: 10.22004/ag.econ.292261.
- REMAS. 2019. Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del estado de Sonora. Reporte de estación. <http://www.siafeson.com/remas/index.php/estacionglobal?rid=85>.
- Reta, S. D. G. J. S.; Serrato, C. H. M.; Quiroga, G. A.; Gaytán, M. y Figueroa, U. M. 2017. Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. Rev. Mex. Cienc. Pec. 8(4):397-406. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4645>.
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Oleaginosas mexicanas: canola, cártamo, girasol y soya. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. 26 p.
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silveira, G. M. I. M. L.; Aldana, M. L. A.; Medina, J. y Serrano, A. E. 2009. Situación de la producción de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en

- Sonora, México y factores asociados. *Biotecnia*. 11(3):44-56. <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v11i3.73>.
- Singh, N. A.; Garima, A. and Kapoor, R. 2019. Incidence and severity of fungal diseases of safflower in India. *Crop Protection*. 25. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104905>.
- Singh, S. S. V.; Angadi, K.; Grover, S.; Begna, S. and Auld, D. 2016. Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern high Plains. *Agricultural Water Management*. 163:354-362. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.010>.
- Ullah, F. and Bano, A. 2011. Effect of plant growth regulators on yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Brazilian J. Plant Physiol.* 23(1):27-31. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100005>.
- Valadez, G. J. y Cervantes, J. E. M. 2013. Guayalejo, variedad de cártamo para la región sur de Tamaulipas. INIFAP- CIRNE-CEHUAS. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Folleto técnico núm. MX-0-310302-52-03-14-09-29. 15 p.
- Valadez, G. J. y Cervantes, J. E. M. 2017. Promesa, variedad de polinización libre de cártamo para la región de las huastecas. *Rev. Fitotec. Mex.* 40(1):103-105.
- Vosoughkia, M.; Hossainchi, G. L.; Ghavami, M. M.; Gharachorloo, M. and Delkhosh, B. 2012. Evaluation of oil content and fatty acid composition in seeds of different genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Inter. J. Agric. Sci. Res.* 2(1):59-66.
- Zapata, M. L. E. 2010. Situación y perspectivas del aceite de palma alto oleico O x G en Colombia. *Palmas*. 31(2):349-353.

**ARTÍCULO 2**

**RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) A  
BARRENADORES DE TALLO (DIPTERA) EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO**

## RESPUESTA DE CULTIVARES DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) A BARRENADORES DE TALLO (DIPTERA) EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO

**Aguilera-Molina Néstor Alberto<sup>1, &</sup>, Cortez-Mondaca Edgardo<sup>2</sup>, Aguirre-Uribe Luis Alberto<sup>1</sup>, Cerna-Chávez Ernesto<sup>1</sup>, Landeros-Flores Jerónimo<sup>1</sup>, Hernández-Juárez Agustín<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología, Calzada Antonio Narro No. 1923, C.P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte, Km 1619, CP. 81110, Carretera Internacional México-Nogales. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 81110.

<sup>&</sup>Estudiante de Posgrado, \*Autor por correspondencia:  
chinoahj14@hotmail.com

**Resumen.** El cultivo del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se ha adaptado favorablemente a las condiciones presentes en el estado de Sonora, aunque ha sido afectado por la presencia de barrenadores de tallo. Se evaluaron 30 materiales vegetales, entre variedades comerciales y líneas elite, generadas por el programa de mejoramiento genético del Campo Experimental Norman E. Borlaug, para determinar materiales con resistencia al barrenador del tallo y se identificó al barrenador del tallo. El estudio se llevó a cabo durante el ciclo 2019-2020 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug y en el Sitio Experimental Valle del Mayo en Sonora, México. Las especies de barrenadores del tallo se determinaron con adultos obtenidos en las plantas de cártamo infestadas. Todos los materiales evaluados fueron susceptibles al ataque del barrenador, en infestaciones hasta de 100%, reduciendo el rendimiento considerablemente, hasta por encima del 60%. Los cultivares C-65-0Y y CC-15-76-1-1-0Y-1C mostraron los mejores rendimientos, por lo cual se consideran materiales con tolerancia a esta plaga. Se identificó a *Melanagromyza virens*, *Melanagromyza*

*quadrisetosa* (Diptera: Agromyzidae) y *Coenosopsia* sp. (Diptera: Anthomyiidae), como complejo de barrenadores del tallo del cártamo en la región sur de Sonora.

**Palabras clave:** *Coenosopsia* sp., *Melanagromyza quadrisetosa*, *Melanagromyza virens*, Resistencia vegetal, Tolerancia, Rendimiento.

**Abstract.** The cultivation of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) has adapted favorably to the conditions present in the state of Sonora, although it has been affected by the presence of stem borers. 30 plant materials were evaluated, between commercial varieties and elite lines, generated by the genetic improvement program of the Norman E. Borlaug Experimental Field, to determine materials with resistance to the stem borer and the stem borer was identified. The study was carried out during the 2019-2020 cycle at the Norman E. Borlaug Experimental Field and at the Valle del Mayo Experimental Site in Sonora, Mexico. Stem borer species were determined with adults obtained from infested safflower plants. All the evaluated materials were susceptible to the attack of the borer, in infestations up to 100%, reducing the yield considerably, up to over 60%. The cultivars C-65-0Y and CC-15-76-1-1-0Y-1C showed the best yields, for which they are considered materials with tolerance to this pest. *Melanagromyza virens*, *Melanagromyza quadrisetosa* (Diptera: Agromyzidae) and *Coenosopsia* sp. (Diptera: Anthomyiidae), as a complex of safflower stem borers in the southern region of Sonora.

**Keywords:** *Coenosopsia* sp., *Melanagromyza quadrisetosa*, *Melanagromyza virens*, Plant resistance, Tolerance, Yield.

## Introducción

La región Sur del Estado de Sonora es un referente muy importante en la producción agrícola a nivel nacional, principalmente en los Valles del Yaqui y Mayo. En los últimos ciclos agrícolas se ha restringido la dotación de agua disponible para los productores, debido a una sequía recurrente en la región, lo cual ha motivado la búsqueda de nuevas especies de cultivo que se adapten a

estas condiciones (Minjares *et al.*, 2010; Paquini *et al.*, 2016). El cártamo *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae) es una alternativa para los productores de la región, por ser este, un cultivo de bajo requerimiento hídrico, lo que favorece su cultivo en localidades con escasez de agua (Montoya, 2010). Actualmente, Sonora es el principal productor de cártamo, con 48,070.10 t (SIAP, 2021), cuya superficie de cultivo se concentra en los Valles del Yaqui y del Mayo (Silveira *et al.*, 2009). Además de la disponibilidad de agua, hay otras limitantes para la producción de este cultivo, entre las que destacan la enfermedad de la falsa cenicilla, causada por el hongo *Ramularia carthami* Zaprometov (Mycosphaerellales: Mycosphaerellaceae), que causa hasta el 90% de reducción en el rendimiento, si no se le controla (Ramírez *et al.*, 2017) y barrenadores del tallo *Melanagromyza* sp. (Diptera: Agromyzidae), que en algunas regiones del país provocan daños en las plantas, hasta del 98% (Palacios *et al.*, 2018).

Durante la década de 1970 se realizó el primer reporte del barrenador del cártamo *Melanagromyza virens* Loew en el noroeste de México, registrado desde el Valle del Fuerte hasta el Valle del Yaqui (Pacheco, 1985). Sin embargo, California, Estados Unidos, Mueller y Lange (1959) encontraron predios experimentales con infestaciones de 100% en el cultivo de cártamo y mencionan que el daño se intensifica cuando el cultivo se siembra en fechas tardías, misma situación observada por Borbón *et al.*, (2011), para el estado de Sinaloa en México.

Durante el ciclo 2019-2020 se observaron en el sur de Sonora, cultivos con diferentes grados de infestación por barrenador del tallo del cártamo (*Melanagromyza* sp.), sin importar la etapa fenológica de las plantas (JLSVH 2020). Debido a la ecología de esta especie, su control por medios químicos no es recomendable, debido a que las larvas permanecen dentro de los tallos y la única fase expuesta a control son los adultos (Valadez *et al.*, 2015). Desde 1970, se iniciaron actividades de mejoramiento genético del cártamo, con el objetivo de producir variedades comerciales que presenten buena calidad, productividad y resistencia a las principales enfermedades presentes en la región (Quilantán,

1978; Dajue y Mündel, 1996), sin embargo, la resistencia a insectos no se ha trabajado (Montoya, 2010). Los objetivos de la presente investigación fueron cuantificar el daño causado por el barrenador del tallo en variedades y líneas elite, e identificar materiales con tolerancia al daño causado por el barrenador, así como identificar la especie de barrenador del tallo presente.

### **Materiales y métodos.**

Sitio de estudio: Los ensayos se realizaron en el ciclo agrícola 2019-2020 en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) 27°22'55.13" N, 109°55'51.10" O, en el Valle del Yaqui, Sonora, con fecha de siembra 02 de diciembre de 2019 y en el Sitio Experimental Valle del Mayo (SEMAY) 27°00'55.13" N, 109°29'58.03" O, en el Valle del Mayo, Sonora, se sembraron 31 de diciembre de 2019.

Materiales de prueba: Se utilizaron 30 materiales de cártamo, de las cuales 23 corresponden a líneas experimentales del tipo oleico, cinco variedades comerciales del tipo oleico, una línea experimental del tipo linoleico y una variedad comercial del tipo linoleico (Cuadro 1), desarrolladas en el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo del INIFAP-CENEB.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, en parcelas de 4 surcos a 80 centímetros de separación y una longitud de 6 metros por surco (19.2 m<sup>2</sup>). El manejo agronómico de los materiales se realizó con base en las practicas recomendadas por el INIFAP-CENEB en la región (Montoya 2010), el cual consistió en una fertilización de 150-52-00 (N-P-K), además de dos riegos de auxilio, el primero durante la etapa de elongación de tallo y el segundo durante la formación de botones florales. Se realizó una aplicación aérea de insecticida clorpirifos (Lorsban 480® a 1.5 l/ha), para el control del complejo de chinches *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera: Miridae), *Nezara viridula* (L.), *Euschistus servus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae). Es importante mencionar que las condiciones climáticas durante la investigación no favorecieron el desarrollo de enfermedades, por lo cual no fue necesario realizar medidas para su control.

Cuadro 1. Materiales de cártamo utilizados para evaluar el daño por barrenadores en el Campo Experimental Norman E. Borlaug y Sitio Experimental Valle del Mayo. Ciclo P-V 2019-2020.

Genotipo	Origen	Tipo de aceite	Genotipo	Origen	Tipo de aceite
0272-12-3-5-OY	L. E	O	CC1644-1-2-0Y	L. E	O
0272-3-2	L. E	O	CCC-1561	L. E	O
C-27-1Y-2Y(A/N)	L. E	O	CCC-1564-1-1-1-1-0Y	L. E	O
C-32-0Y	L. E	O	CCC-1633-1-1-1-0Y	L. E	O
C-54-1-OY	L. E	O	CCC-1651-1-1-1-2-0Y	L. E	O
C-56-1Y-1Y	L. E	O	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	L. E	O
C-61-1Y-1Y	L. E	O	CCC-1672-1-1-1-1	L. E	O
C-63-0Y	L. E	O	CHEY-OL	V. C	O
C-65-0Y	L. E	O	CIANO-OL	V. C	O
C-72-0Y	L. E	O	CIANO-OL.....CC1658-1-0Y	L. E	O
CC-14-31-5-1-OY.....-1-2-1-2-0Y	L. E	O	RC-1002	V. C	L
CC1567-1-1-0Y-1C	L. E	O	S-323	V. C	O
CC-15-76-1-1-0Y-1C	L. E	O	S-390	V. C	O
CC1631-1-1-1-1	L. E	O	S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	L. E	O
CC1635-1-1-1-1Y	L. E	L	SEMAY-OL	V. C	O

L.E: Línea Experimental  
V. C: Variedad Comercial

O: Oleico  
L: Linoleico

Determinación del daño e identificación del barrenador: En las instalaciones del CENEB, se tomaron al azar 15 plantas por repetición (60 plantas por material) en la etapa de formación de botones florales, a las cuales se les realizó un corte transversal en el tallo para determinar el daño y la presencia del barrenador. Se recolectaron 200 pupas de los tallos, las cuales se colocaron en viales de vidrio de 50 mL de capacidad cubiertas con tela tipo organza y resguardadas a temperatura ambiente (Bodlah *et al.* 2012), hasta la emergencia de adultos. También se recolectaron barrenadores adultos directamente del tallo y se depositaron en viales de 2 mL con etanol al 75% con el propósito de preservarlos para su identificación. La determinación taxonómica de los barrenadores se realizó en el Laboratorio de Entomología Molecular y Alternativas de Control de Plagas, del Departamento de Parasitología en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. Los barrenadores adultos emergidos y



recolectados del tallo fueron montados en alfiler. Se utilizaron un microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi DV4 y el microscopio óptico marca Olympus modelo CX21 LEDFS1 para la identificación taxonómica. Se utilizaron las claves de Triplehorn y Johnson (2005) para orden y familia; McAlpine (1981) para familia; Hockett (1987) y Vockeroth (1987) para nivel de género de Anthomyiidae y Agromyzidae respectivamente; así como Shi y Gaimari (2015) para el género *Melanagromyza* Hendel.

Variables agronómicas: Se registraron altura promedio de la planta, tomando la medida de tres plantas por repetición con ayuda de un estadal; rendimiento y madurez fisiológica contabilizando los días transcurridos desde la siembra hasta que la planta presentara síntomas de senescencia. Para calcular el rendimiento, se cosecharon 4 m de los dos surcos centrales de la parcela (6.4 m<sup>2</sup>) dejando 1 m de cabecera en los bordes, para después ser procesados con una trilladora de tipo “Pullman” y después pesar el grano, y convertirlo a kg/ha. A los valores obtenidos de esta variable se les realizó un análisis de varianza y una prueba de medias con Diferencia Mínima Significativa (DMS) ( $P < 0.05$ ).

### **Resultados y discusión.**

Evaluación del daño. De los 30 materiales establecidos en el SEMAY, sólo tres no alcanzaron el 100% de infestación (Cuadro 2): C-54-1-OY, CC-14-31-5-1-OY.....-1-2-1-2-0Y y CIANO-OL.....CC1658-1-0Y, aunque el número de plantas con daño en estos últimos fue también alto con el 98.3%. Mientras que en el CENEB se observó mayor variación en el daño; con un rango de plantas con daño por barrenador de 66.7 a 91.7%, obtenidos por la variedad SEMAY- OL y la línea C-32-0Y, con el más bajo y alto daño respectivamente (Cuadro 2).

El rendimiento promedio del cultivo de cártamo en el Valle del Mayo, conformado por los municipios de: Navojoa, Huatabampo y Etchojoa es de 2,223 kg/ha, como media de rendimiento comercial regional (MRCR) (SIAP, 2021). En el SEMAY, el material con el mayor rendimiento fue la línea C-65-OY con 1,234.4 kg/ha, 988.6 kg menos que el rendimiento promedio del valle y una reducción de 46.1 % en comparación al rendimiento de los 2,292 kg/ha de cártamo en el

SEMAY reportados por Borbón *et al.* (2020). Aun así, supero a las demás líneas y variedades evaluadas; le siguieron a esta, las líneas CCC-1672-1-1-1-1, CCC-1651-1-1-1-2-0Y, CC-15-76-1-1-0Y-1C, C-54-1-0Y, CCC-1633-1-1-1-0Y con 1,224.4, 1,218.8, 1,171.9, 1,127 y 1,132.8 kg/ha respectivamente, materiales que superaron la tonelada. Los rendimientos registrados para este sitio se pueden considerar bajos, de acuerdo a los promedios de la región, sin embargo; es importante mencionar que todos los materiales evaluados presentaron daño por el barrenador del tallo, superior al 98% (Cuadro 2). El material más rendidor (C-65-0Y), no se diferenció estadísticamente de otros 22 genotipos, sin embargo, fue diferente significativamente respecto a siete de los cultivares evaluados con los rendimientos más bajos El cultivar CC-14-31-5-1-0Y.....-1-2-1-2-0Y con el rendimiento más bajo con 552.7 Kg/ha, tuvo una reducción en el rendimiento del 75.1% respecto al rendimiento promedio regional (2,223 Kg/ha).

El rendimiento promedio del Valle del Yaqui conformado por los municipios de: Cajeme, Bacúm, San Ignacio Rio Muerto y Benito Juárez fue de 2,170 kg/ha, como media de rendimiento comercial regional (MRCR) (SIAP, 2021). En el CENEB, el rendimiento de todos los materiales evaluados fue menor que el MRCR del Valle del Yaqui. En el caso de la variedad RC-1002 obtuvo un rendimiento de 1,410.9 kg/ha, 759.1 kg menos que el promedio regional y una reducción de 55% de los 3,100 kg/ha reportados como potencial productivo de la variedad por Montoya *et al.* (2008). La variedad CIANO OL presento un rendimiento de 1,379.3 kg/ha, 790.7 kg menos que el rendimiento regional y una reducción del 55.5% de los 3100 kg/ha reportados como potencial productivo para la variedad por Montoya *et al.* (2008). La variedad CHEY OL obtuvo un rendimiento de 1,353.5 kg/ha, 816.5 kg menos que el rendimiento regional y una reducción del 63.4 % de lo reportado como potencial productivo para la variedad por Ávila *et al.* (2017). La variedad SEMAY OL obtuvo un rendimiento de 1,223.4 kg/ha., 946.6 kg menos que el rendimiento regional y una reducción del 42.4 % de los 2,125 kg/ha reportados por Borbón *et al.* (2019) como potencial productivo para esta variedad (Cuadro 2).

No obstante, lo anterior, sólo se encontró diferencia significativa entre el material con mayor rendimiento, antes mencionado, y dos genotipos con los rendimientos más bajos: C-72-0Y con 1,154.7 Kg/ha y CCC-1564-1-1-1-1-0Y con 1157.4 Kg/ha. El resto de los genotipos no se diferenciaron significativamente entre sí, ni respecto al de mayor rendimiento ni con los de rendimiento más bajo. La variabilidad en rendimiento en el SEMAY fue notablemente mayor respecto a la observada en el CENEB, se determinaron 12 grupos de medias estadísticas en el primero, mientras en el CENEB fueron tres (a, ab y b) (Cuadro 2). Además, la diferencia de los resultados en ambas localidades, con relación al porcentaje de plantas con daño y al rendimiento de los cultivares, denotan mayor abundancia de la plaga en el SEMAY, por lo que por otra parte indicaría, que los resultados obtenidos en esta localidad pueden ser más consistentes respecto la resistencia vegetal relativa que posee cada genotipo; de este modo, los cultivares más sobresalientes en rendimiento en el SEMAY serían los más tolerantes.

Cuadro 2. Rendimiento y porcentaje de plantas con daño por barrenadores del tallo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug y Sitio Experimental Valle del Mayo. Ciclo P-V 2019-2020.

<b>Genotipo</b>	<b>SEMAY (kg/ha)</b>	<b>Plantas dañadas (%)</b>	<b>CENEB (kg/ha)</b>	<b>Plantas dañadas (%)</b>
0272-12-3-5-0Y	834.0	bcdefg	1343.4	ab
0272-3-2	904.3	abcdefg	1344.5	ab
C-27-1Y-2Y(A/N)	775.4	cdefg	1417.2	ab
C-32-0Y	943.4	abcdefg	1545.7	ab
C-54-1-0Y	1127.0	abc	1236.3	ab
C-56-1Y-1Y	1091.8	abcd	1505.5	ab
C-61-1Y-1Y	865.2	abcdefg	1305.9	ab
C-63-0Y	929.7	abcdefg	1300.8	ab
C-65-0Y	1234.4	a	1390.2	ab
C-72-0Y	898.4	abcdefg	1154.7	b
CC-14-31-5-1- 0Y.....-1-2-1-2-0Y	552.7	g	1232.4	ab
CC1567-1-1-0Y-1C	955.1	abcdef	1330.5	ab
CC-15-76-1-1-0Y-1C	1171.9	ab	1619.9	ab
CC1631-1-1-1-1	1064.5	abcde	1524.2	ab
CC1635-1-1-1-1Y	705.1	abcd	1660.9	ab
CC1644-1-2-0Y	683.6	efg	1297.7	ab
CCC-1561	902.3	abcdefg	1233.6	ab
CCC-1564-1-1-1-1- 0Y	867.2	abcdefg	1157.4	b

CCC-1633-1-1-1-0Y	1132.8	abc	100.0	1218.8	ab	81.7
CCC-1651-1-1-1-2-0Y	1218.8	ab	100.0	1468.8	ab	80.0
CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	705.1	defg	100.0	1480.9	ab	78.3
CCC-1672-1-1-1-1	1224.6	ab	100.0	1516.4	ab	68.3
CHEY-OL	1099.6	abc	100.0	1353.5	ab	80.0
CIANO-OL	671.9	fg	100.0	1379.3	ab	78.3
CIANO-OL....CC1658-1-0Y	755.9	cdefg	98.3	1426.2	ab	90.0
RC-1002	1144.5	abc	100.0	1410.9	ab	88.3
S-323	859.4	abcdefg	100.0	1295.3	ab	78.3
S-390	1209	ab	100.0	1557.8	ab	85.0
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	1050.8	abcdef	100.0	1728.5	a	75.0
SEMAY-OL	1109.4	abc	100.0	1223.4	ab	66.7

SEMAY DMS: 391.55 CENEB DMS: 462.856

Algunos materiales mostraron rendimientos relativamente elevados, a pesar del daño por el barrenador en ambas localidades, como la línea: C-65-0Y que rindió 1,390.2 kg/ha en el CENEB y 1,234.4 en el SEMAY con el 73.3 y 100% de las plantas con daño por barrenador, respectivamente. Otro ejemplo es la línea C-54-1-0Y que rindió 1,236.3 kg/ha en el CENEB y 1,127 kg/ha en el SEMAY con el 81.7 y 98.3% de daño, respectivamente. También hubo materiales en los cuales el rendimiento difirió notablemente entre una localidad y otra, como es el caso de S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N) que presentó un rendimiento de 1,728.5 kg/ha en el CENEB y 1,050.8 Kg/ha en el SEMAY con el 75 y 100% de daño, respectivamente.

Los resultados obtenidos en ambas localidades mostraron tolerancia al daño del barrenador del tallo en los cultivares de cártamo evaluados. De acuerdo con Painter (1951), la tolerancia es uno de los tres mecanismos que tiene la planta junto con la antixenosis y la antibiosis para defenderse el ataque de plagas; Smith (2005) define a la tolerancia vegetal como la capacidad de una planta para soportar, reparar, o recuperarse del daño de los insectos.

Identificación del barrenador del cártamo: En total, fueron identificados 52 especímenes entre los adultos obtenidos del tallo y los que emergieron de las pupas recolectadas y pertenecen a tres especies, de las cuales; dos pertenecen

al género *Melanagromyza* Hendel (Diptera: Agromyzidae): *M. virens* con 18 individuos y *Melanagromyza quadrisetosa* Spencer con 19 especímenes; la tercera especie identificada es del género *Coenosopsia* Malloch (Diptera: Anthomyiidae) con 15 individuos.

Spencer (1990) menciona que el género *Melanagromyza* se alimenta de una amplia variedad de plantas, entre ellas, la familia Asteraceae a la que pertenece el cártamo *C. tinctorius*. Mueller y Lange (1959) hicieron el primer reporte como plaga del cultivo a *M. virens* barrenando tallos de cártamo en California, EE. UU, puesto que, anteriormente ya se había encontrado a esta especie, pero alimentándose de cultivos como guayule *Parthenium argentatum* A. Gray, crisantemo *Chrysanthemum x morifolium* Ramat., girasol *Helianthus annuus* L., (Asteraceae), chícharo *Pisum sativum* L., (Fabaceae) y espinaca *Spinacia oleracea* L. (Chenopodiaceae). Pacheco (1985) menciona a *M. virens* barrenando tallos del cultivo de cártamo desde el Valle del Fuerte (Sinaloa) hasta el Valle del Yaqui (Sonora). Shi y Gaimari (2015) indican que *M. quadrisetosa* fue descrita en Mill Valley, California, y que los aspectos biológicos, así como los hospederos de la especie son desconocidos, por lo que este es el primer reporte de un hospedero para este insecto, además de ser el primer registro en México.

Huckett (1987) señala que las hembras de la familia Anthomyiidae se caracterizan por tener ojos dicópticos, mientras que, en los machos, los ojos son holópticos y tienen el quinto esternito bilobado posteriormente. Las especies del género *Coenosopsia* se identifican con la clave de Shigueo y Barros (2004) y se basan en caracteres de la genitalia masculina, sin embargo, los especímenes obtenidos en el estudio todos fueron hembra, por lo que no pudieron ser identificadas a especie. Huckett (1987) menciona que las larvas de la mayoría de las especies de la familia Anthomyiidae son fitófagas o saprófagas; viven en tallos, raíces, follaje y botones florales de plantas vivas, o enfermas y hay algunas especies de importancia económica. Guzmán *et al.* (2015) reportan en Ecuador a una mosca de la familia Anthomyiidae comportándose como plaga del cultivo de lupino o chocho *Lupinus mutabilis* Sweet. (Fabaceae), conocida como

“barrenador del ápice del chocho”, no obstante, solo reportan la identificación a nivel de familia. Michelsen (1991) reportó que se ha encontrado a *Coenosopsia floridensis* Michelsen en Concordia, Sinaloa y en las cercanías de Cd. Victoria, Tamaulipas y en Florida, EE.UU., se han encontrado adultos alimentándose de carbohidratos provenientes de los bosques y de detritos orgánicos; haciendo mención que la biología de esta especie es prácticamente desconocida.

Los resultados de esta investigación contrastan con lo reportado por Palacios *et al.* (2008) que mencionan a *Melanagromyza splendida* Frick barrenando tallos de cártamo en Altamira, Tamaulipas; posteriormente Palacios *et al.* (2018) reporta nuevamente a *M. splendida* barrenando tallos de cártamo en parcelas cultivadas en Guasave, Sinaloa.

Montoya (2010) y Hernández *et al.* (2013) mencionan los síntomas del daño por *Melanagromyza* en etapas de plántula y roseta que tienden a marchitar la planta; cuando el ataque es después de la etapa de elongación de tallo, las hojas se tornan cloróticas y la planta en general detiene su crecimiento para finalmente marchitarse. Autores como Mueller y Lange 1958; Yáñez 1991; Palacios *et al.*, 2008; Palacios *et al.*, 2010, mencionan que el porcentaje de plantas con daño por barrenador puede llegar a superar el 90% de las plantas en el predio, aunque esto, difiere con lo reportado por Pacheco (1985) quien menciona que el ataque de la plaga es muy heterogéneo, lo que dificulta la evaluación del daño económico. A pesar de esto, las plantas inspeccionadas en esta investigación, parecían sanas, por lo que se dificultó la identificación visual del daño, solamente haciéndose visible cuando fueron abiertos los tallos.

La determinación del daño por barrenador del tallo del cártamo mostró resistencia vegetal por tolerancia en algunos genotipos de manera relativa, es decir al ser comparados entre ellos, en dos localidades, siendo el SEMAY donde se registró el mayor daño por la plaga. Es importante continuar con estudios para determinar la tolerancia absoluta, es decir, en ausencia y presencia de daño del barrenador del tallo, lo cual puede realizarse con los genotipos que sobresalieron en el presente trabajo. Eventualmente podría sugerirse el empleo de alguno o

varios de estos cultivares tolerantes a escala comercial. Se reportan por primera ocasión dos barrenadores del tallo del cártamo para el sur de Sonora y en el ámbito nacional *M. quadrisetosa* y a *Coenosopsia* sp., y se corrobora la presencia de *M. virens*.

### **Conclusiones.**

La reducción del rendimiento en los materiales de cártamo por el daño de barrenadores del tallo es importante, hasta por arriba del 60%, lo que lo que afecta directamente la producción del cultivo. Los cultivares C-65-0Y y CC-15-76-1-1-0Y-1C mostraron los mejores rendimientos, a pesar del daño ocasionado por el complejo de barrenadores del tallo, por lo cual se consideran materiales con tolerancia a esta plaga. Se identificó a *M. virens*, *M. quadrisetosa* y *Coenosopsia* sp., como complejo de barrenadores del tallo del cártamo en la región sur de Sonora.

### **Bibliografía**

- Ávila C. E., X. M. Ochoa E., L. Montoya C., N. A. Aguilera M., A. Borbón G. y J. I. Alvarado P. (2017) Chey-ol: nueva variedad de cártamo oleica para el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:1209-1212. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.120>.
- Bodlah I., M. Naeem. y A. Mohsin. (2012) Distribution, Hosts and Biology of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44 (5): 1307 – 1315.
- Borbón G. A., J. Pérez M., M. G. García C., X. M. Ochoa E., L. Montoya C. y J. Macías C. (2011) Guía para producir cártamo en Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. Colección RP. 29 p.
- Borbón G. A., L. Montoya C., X. M. Ochoa E., N. A. Aguilera M. E. Ávila C. y C. I. Cota B. (2019). SEMAY OL, Nueva variedad de Cártamo oleica. *Revista Fitotecnia mexicana*. 42(1):83-85.

- Borbón G. A., A. A. Lugo G., A. Reyes O., V. Valenzuela H. y C. P. Saucedo A. (2020) Rotación de trigo, maíz y cártamo en labranza de conservación vs. labranza tradicional. *Rev. Fitotec. Mex.* 43(4): 371-378.
- Dajue L. and H. H. Mündel (1996) Safflower: *Carthamus tinctorius*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 83 p.
- Guzmán G. A. F., R. C. Gusqui., I. Harunobu., N. Morán F. (2015) Manejo del cultivo del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Guía Técnica 2. Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo “Minga Sumak Kawsay” GADPCH. Riobamba, Ecuador. 44 p.
- Hernández M. M., A. Borodanenko., S. Montes H., V. Pecina. Q., L. Montoya C., M. S. Acosta N. y O. L. Rivas G. (2013) Manual técnico de producción de cultivos bioenergéticos. INIFAP-CIRCE-CEBAJ. Folleto técnico No. 2. 121 p.
- Huckett H. C. (1987) Anthomyiidae. 1099 – 1114. In: McAlpine, J. F., B. V. Peterson., G. E. Shewell., H. J. Teskey., J. R. Vockeroth., D. M. Wood. (Eds.). (1987) Manual of Nearctic Diptera Vol. 2. Biosystematics Research Institute. Canadá. ISBN: 0-660-12125-5.
- JLSVH Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle de Huatabampo. (2020) BARRENADOR DEL TALLO DEL CÁRTAMO (*Melanagromyza* sp). Actualidades fitosanitarias. Desplegable para productores.
- McAlpine J. F. (1981) Key to Families – Adults. 89-124. In: McAlpine, J. F., B. V. Peterson., G. E. Shewell., H. J. Teskey., J. R. Vockeroth., D. M. Wood. (Eds.). (1981). Manual of Nearctic Diptera Vol. 1. Biosystematics Research Institute. Canadá. ISBN: 0-660-10731-7.
- Michelsen V. (1991) Revision of the aberrant New World genus *Coenosopsia* (Diptera: Anthomyiidae), with a discussion of anthomyiid relationships. *Systematic Entomology.* 16: 85-104.



- Minjares L. J. L., B. Valdés J., R. F. Salmon C. and L. A. Oroz R. (2010) Sustainable planning, management, and evaluation of water resources in irrigation District No. 041, Río Yaqui, Mexico. *Water Technology and Sciences, formerly Hydraulic Engineering in Mexico*. 1(1): 137-151.
- Montoya C. L., F. Ochoa B., J. Wong P., M. Camarillo P. y J. Macias C. (2008) CIANO-OL, CIANO-LIN, RC-1002-L, RC-1005-L y RC-1033-L variedades de cártamo altamente tolerantes a falsa cenicilla (*Ramularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto técnico No. 60. Cd. Obregón Sonora. 27p.
- Montoya C. L (2010) El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L) en México. INIFAP-CIRNO-CENEB. Libro Técnico No. 5. Cd. Obregón Sonora. 96 p.
- Mueller K. E and W. H. Lange (1959) Stem borer found on safflower: Infestation discovered in planting at Davis may be first recorded attack on safflower by known pest of other plants. *California Agriculture* vol. 13(3): 4-5.
- Pacheco M. F. (1985) Plagas en los cultivos Agrícolas en Sonora y Baja California. Libro Técnico No. 1. CIANO-INIA-SARH. México. p.414.
- Painter R.H. (1951) *Insect Resistance in Crop Plants*. Macmillan, New York. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-195112000-00015>
- Palacios T. R. E., J. Romero, N., J. Étienne., J- L. Carrillo. S., J. M. Valdez. C., H. Bravo. M., S. D. Koch., V. López. M. y A. P. Terán V (2008) Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de *Agromizidae* (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. *Acta Zoológica Mexicana*. 24(3): 7-32.
- Palacios T. R. E., J. M. Valdez C., J. Étienne., R. Vega M., J. Marín S., A. Castañeda V. y C. Nava D. (2010) Nuevos registros de plantas hospederas y distribución geográfica de *Melanagromyza floris* Spencer, *M. tomaterae* Steyskal, *M. viridis* (Frost) y *Ophiomyia lantanae* (Froggatt) (Diptera: Agromyzidae) en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 26(1): 59-71.

- Palacios T. R. E., E. Cortez. M., F. A. Valenzuela. E., Q. A. Ayala. A., G. J. Lizárraga. S. and B. E. López. V. (2018). Three species of *Agromizidae* (Diptera) Associated with *Asteraceae* in Northern Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*. 43(3): 657-667. <https://doi.org/10.3958/059.043.0311>.
- Paquini R, S. L., I. Benítez R., H. E. Villaseñor M., A. Muñoz O. y H. Vaquera H. (2016) Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de variedades mexicanas de trigo. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. 39(4):367-378.
- Quilantán V. L. (1978) Cártamo. In Cervantes S., T. ed. Recursos genéticos disponibles a México. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. pp. 209-213.
- Ramírez A. J. A., F. Cabrera C., L. Montoya C., X. M. Ochoa E. y A. Borbón G. (2017) Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicilla del cártamo en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico no. 101. Cd. Obregón Sonora. 28 p.
- Shi L. and S. D. Gaimari (2015) Revision of the genus *Melanagromyza* in California, with descriptions of three new species (Diptera: Agromyzidae). *Zootaxa*. 4005 (1): 001-102. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4005.1.1>
- Shigueo N. S. and C. J. Barros de C. (2004) Taxonomy, cladistics and biogeography of *Coenosopsia* Malloch (Diptera, Anthomyiidae) and its significance to the evolution of anthomyiids in the Neotropics. *Systematic Entomology*. 29, 260-275.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (mayo 2021).

- Silveira G. M. I., M. L. Aldana M., L. A. Medina J. y A, Serrano E. (2009) Situación de la producción de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en Sonora, México y factores asociados. *Biotecnia*. 11 (3): 44- 56.
- Smith C. M. (2015) Plant resistance to arthropods. Molecular and conventional approaches. Springer. Manhattan, KS, U.S.A. 413 p.
- Spencer K. A (1990) Host specialization in the world *Agromyzidae* (Diptera). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 446 p. DOI: 10.1007 /978-94-009-1571-0
- Triplehorn C. A. y N. F. Johnson. (2005) Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7a Ed. Thompson Brooks/Cole. USA. 865 p.
- Valadez G. J. (2015) Guía para cultivar cártamo optimizando captación de agua para las siembras de temporal en Las Huastecas. INIFAP-CIRNE-CEHUAS. Folleto Técnico No. MX-0-310301-52-03-14-09-40. ISBN: 978-607-37-0415-1. 23 p.
- Vockeroth J. R. (1987) Agromyzidae. 887 – 890. In: McAlpine, J. F., B. V. Peterson., G. E. Shewell., H. J. Teskey., J. R. Vockeroth., D. M. Wood. (Eds.). (1987) Manual of Nearctic Diptera Vol. 2. Biosystematics Research Institute. Canadá. ISBN: 0-660-12125-5.
- Yáñez M. M. J. (1991) Incidencia y daño del barrenador del tallo (Diptera: *Agromyzidae*) en cártamo en el sur de Tamaulipas. Soc. Mex. de Entomología. En Memorias del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Pp. 151-152.

**ARTÍCULO 3**  
**PARASITOIDES (HYMENOPTERA) DEL COMPLEJO DE**  
**BARRENADORES DEL CÁRTAMO EN SONORA, MEXICO**

## PARASITOIDES (HYMENOPTERA) DEL COMPLEJO DE BARRENADORES DEL CÁRTAMO EN SONORA, MEXICO

Néstor Alberto Aguilera-Molina<sup>1, &</sup>, Edgardo Cortez-Mondaca<sup>2</sup>, Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>1</sup>, Ernesto Cerna-Chávez<sup>1</sup>, Jerónimo Landeros-Flores<sup>1</sup>,  
Nayely Yolanda Cazares Cruz, Agustín Hernández-Juárez<sup>1, \*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología, Calzada Antonio Narro No. 1923, C.P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte, Km 1619, CP. 81110, Carretera Internacional México-Nogales. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 81110.& Estudiante de Posgrado. \*Autor por correspondencia: chinoahj14@hotmail.com

### Resumen

El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se ha adaptado favorablemente a las condiciones presentes en el estado de Sonora, aunque ha sido afectado por la presencia de barrenadores de tallo de los cuales se conoce poco sobre sus hábitos y enemigos naturales, por lo cual se realizaron muestreos en plantas de cártamo, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) durante el ciclo agrícola 2019 - 2020 con el objetivo de coleccionar parasitoides de esta plaga. Se coleccionaron 200 pupas del complejo de barrenadores del cártamo, de donde emergieron tres especies distintas de avispas: *Gronotoma melanagromyzae* (Hymenoptera: Figitidae), *Merismus megapterus* (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Thinodytes santerna* (Hymenoptera: Pteromalidae). Las cuales aportan al conocimiento sobre enemigos naturales del complejo de barrenadores del tallo de cártamo.

**Palabras clave:** *Agromyzidae*, *Figitidae*, *Parasitismo*, *Pteromalidae*, *Sonora*.

### **Abstract.**

The safflower (*Carthamus tinctorius* L.) has adapted favorably to the conditions present in the state of Sonora, although it has been affected by the presence of stem borers. of which little is known about their habits and natural enemies, Therefore, samplings were carried out in safflower plants, in the installations of the Norman E. Borlaug Experimental Field (CENEB) during the agricultural cycle 2019 - 2020 with the aim of collecting parasitoid wasps of this pest, 200 pupae were collected from the safflower borer complex, from which three different species of wasps emerged: *Gronotoma melanagromyzae* (Hymenoptera: Figitidae), *Merismus megapterus* (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Thinodytes santerna* (Hymenoptera: Pteromalidae). Which contribute to the knowledge about natural enemies of the safflower stem borer complex.

**Keywords:** *Agromyzidae, Figitidae, Parasitism, Pteromalidae, Sonora.*

### **Introducción.**

México es uno de los principales países productores a nivel mundial, en estados como Tamaulipas, Sinaloa, Jalisco, siendo sonora el mayor productor de cártamo en el país, con una producción de 28,824.26 ton., la cual se concentra en los valles del Yaqui y Mayo (SIAP, 2021). Esta especie es muy atractiva por los productores debido a su bajo requerimiento hídrico y a la capacidad que tiene de ser cultivada en terrenos de baja productividad. Sin embargo, la variabilidad de los precios es lo que hace que el área cultivada por esta especie fluctué a través dl tiempo (Ávila *et al.*, 2014).

El cultivo presenta varias limitantes a nivel de plagas y enfermedades, siendo la falsa cenicilla causada por el hongo *Ramularia carthami*. Y la roya de la hoja causada por *Puccinia carthami*. Cuando las condiciones climáticas son apropiadas puede presentarse en etapas tempranas del cultivo. Cuando estas infecciones no son atendidas pueden generar pérdidas por hasta el 90 % de la producción (Montoya *et al.*, 2010; Borbón *et al.*, 2011).

Durante el desarrollo del cultivo se pueden presentar distintas especies de insectos alimentándose del cultivo, sin embargo, todas son consideradas como plagas secundarias por distintos autores (Valadez, 2015; Montoya y Ochoa 2006). Sin embargo hay especies de lepidópteros y hemípteros que si no son atendidas pueden causar afectaciones directas en la producción del cultivo (Hernández *et al.*, 2013).

Las plagas que atacan al cultivo en la región son variadas y van cambiando dependiendo de la etapa de fenológica del cultivo. Cuando se presenta la etapa de emergencia, las principales plagas son: el Gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y la gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) (Montoya *et al.*, 2008) conforme avanza a la etapa de desarrollo es común la presencia de pulgón *Myzus (Myzus persicae)* también es común encontrar larvas de Gusano Soldado (*Spodoptera exigua*) en las hojas y conforme se empiezan a formar los botones florales el gusano bellotero (*Heliothis virescens*) y al momento de la floración la presencia de un complejo de chinches conformado por las especies, *Lygus lineolaris*, *Nezara viridula* y *Euschistus servus* (Borbón *et al.*, 2011)

Durante la década de los 70's se reportó la presencia de un insecto causando daño en los tallos del cultivo desde el Valle del Fuerte hasta el Valle del Yaqui. Esta especie fue identificada como el barrenador del cártamo (*Melanagromyza virens*) (Pacheco, 1985). Esta especie coloca huevecillos en las yemas terminales, las cuales al eclosionar barrenan el interior del tallo hasta llegar a la corona de la raíz cumpliendo su ciclo y emergiendo de la base del tallo, cuando las infestaciones son en etapas tempranas pueden causar la marchitez de las plantas. Cuando el daño es en etapas más avanzadas la planta puede desarrollar síntomas parecidos a la presencia de un virus, amarillamientos, mosaicos y enchinados (Montoya, 2010). En algunos casos aun cuando las plantas presenten larvas en el tallo las plantas se mantienen sin los síntomas antes mencionados, por lo tanto, es complicado determinar la presencia de daño, a menos que deliberadamente se realicen muestreos en el cultivo en busca de estas (Aguilera *et al.*, 2021).

Hay pocos reportes a nivel mundial de insectos barrenando el tallo del cártamo, durante la década de los 50's reportaron a *Melanagromyza virens* causando daños en el cultivo en la California (Mueller y Lange, 1959). Aunado con el reporte por Pacheco (1985) para la región del Sur de Sonora. A principios de la década de los 90's un barrenador del tallo fue reportado en Estación Cuauhtémoc, Municipio de Altamira, Tamaulipas, infestando un 100% del cártamo de las parcelas evaluadas (Yáñez, 1991). En épocas más recientes fue reportado un barrenador de tallo del cártamo en las localidades de Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas y el Valle del fuerte Sinaloa identificándose a este insecto como *Melanagromyza splendida* (Palacios *et al.*, 2008; Palacios *et al.*, 2010; Palacios *et al.*, 2018).

Sin duda, se conoce poco sobre la biología y hábitos del barrenador del tallo del cártamo en el sur de Sonora y aún menos sobre los posibles enemigos naturales presentes en la zona. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es aportar al conocimiento de los enemigos naturales del barrenador del tallo del cártamo en la región.

### **Materiales y métodos**

Este se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) ubicado en el Valle del Yaqui, en plantas de cártamo establecidas por el programa de mejoramiento genético del cultivo durante el ciclo agrícola 2019-2020, de las cuales se tomaron al azar 300 plantas en la etapa de formación de botones florales, a las cuales se les realizó un corte transversal en el tallo para determinar el daño y la presencia del barrenador. Se recolectaron 200 pupas de los tallos, las cuales se colocaron en viales de vidrio de 50 mL de capacidad cubiertas con tela tipo organza y resguardadas a temperatura ambiente (Bodlah *et al.* 2012),

Se recolectaron 200 pupas del complejo de barrenadores: *Melanagromyza virens* Loew, *Melanagromyza quadrisetosa* (Diptera: Agromyzidae) y *Coenosopsia* sp. (Diptera: Anthomyiidae) (Aguilera *et al.*, 2021), a las cuales, se les dio seguimiento con la técnica de Bodlah *et al.* (2012), que consiste en colocar las



pupas en recipientes plásticos cubiertos con organza para permitir el intercambio gaseoso, de esta manera, se observará la emergencia del parasitoide con el propósito de identificarlo taxonómicamente. Los parasitoides emergidos de los puparios, fueron depositados en etanol al 70 %.

La identificación de los parasitoides se realizó en el Laboratorio de Entomología Molecular y Alternativas de Control de Plagas (LEMyACP), del Departamento de Parasitología (DP) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila. Para este motivo, los viales con parasitoides emergidos, así como recipientes con los puparios, fueron enviados del CIRNO a la UAAAN, sin embargo, por el periodo amplio de transporte, los dípteros y los parasitoides de los puparios que aún no emergían, no pudieron ser identificados debido a la deshidratación, así como ruptura de los organismos emergidos.

Se utilizó un microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi DV4 y el microscopio óptico para su identificación taxonómica, así como las claves de Triplehorn y Johnson (2005) para la identificación a nivel de familia; para taxa de género se utilizaron las claves de Gibson *et al.* (1997) para las avispas de la familia Pteromalidae y Buffington y Ronquist (2006) para la familia Figitidae. Posteriormente, para determinar especies de Pteromalidae se utilizaron Hedqvist (1974) y Heydon (1995); asimismo, para Figitidae, Beardsley (1988).

## **Resultados**

Se identificaron a 60 parasitoides en total (Cuadro 1), de los cuales, 21 individuos pertenecientes a la especie *Merismus megapterus* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae). Además, 15 especímenes fueron identificados como *Thinodytes santerna* Heydon (Hymenoptera: Pteromalidae). Los 24 individuos restantes pertenecen a la especie *Gronotoma melanagromyzae* Beardsley (Hymenoptera: Figitidae) (Fig. 1). No fue posible determinar las relaciones entre los parasitoides encontrados y los barrenadores.



Figura 1.- Adulto de *Gronotoma melanagromyzae* Beardsley

De acuerdo con Tselikh (2020), *M. megapterus* (Fig. 2) es parasitoide primario de dípteros de la familia Agromyzidae y de lepidópteros de la familia Elachistidae. Considerando la lista de hospederos de Noyes (2021), la especie se ha reportado asociada a géneros como *Agromyza* Fallén, *Cerodontha* Rondani y *Phytobia* Lioy.



Figura 2.- Adulto de *Merismus megapterus* Walker.

La especie *T. santerna* (Fig. 3) fue descrita en 1995 en California, Estados Unidos de América por Heydon y los hábitos biológicos de la especie son desconocidos (Figura 3), por lo que este reporte brinda una breve información respecto a sus hospederos. En el centro de México, Palacios y Bautista (2004) reportaron a *Thinodytes petiolatus* Heydon parasitando a *Melanagromyza tomatarae* Steyskal en plantas de tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* (Solanaeae) y a *G. melanagromyzae*. Asimismo, *G. melanagromyzae* se ha registrado parasitando a *Melanagromyza virens* Loew (Palacios y Bautista, 2004), una de las especies del complejo de barrenadores del cártamo en el sur de Sonora, México.



Figura 3.- Adulto de *Thinodytes santerna* Heydon.

Cuadro 1. Listado de parasitoides asociados al complejo de barrenadores del cártamo

Orden y familia	Especie	Frecuencia
Hymenoptera:	<i>Merismus megapterus</i>	21
Pteromalidae	<i>Thinodytes santerna</i>	15
Hymenoptera: Figitidae	<i>Gronotoma melanagromyzae</i>	24

### **Conclusiones.**

Se presentaron tres especies de avispas parasitoides del complejo de barrenadores del tallo, las cuales aportan al conocimiento sobre la plaga en el país. Es necesario realizar más trabajos para conocer los hábitos de estas especies.

### **Agradecimientos.**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado al desarrollo de este trabajo y al Programa de Mejoramiento Genético del cultivo de cártamo del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por las facilidades otorgadas en la elaboración de este estudio.

### **Bibliografía citada.**

- Aguilera, M. N. A., E. Cortez M., L. A. Aguirre. U., E. Cerna. C. y J. Landeros. F. y A. Hernández. J (2021). Respuesta de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) a barrenadores del tallo (Diptera) en el sur de Sonora. Revista Fitotecnia Mexicana (en Revisión).
- Ávila, C. E. J. I.; Alvarado, P. M.; Camarillo, P. X. M.; Ochoa, E. y Montoya, L. C. 2014. Descripción de variedades de cártamo para el Valle de Mexicali. B. C. INIFAP-CIRNO-CEMEXI. Mexicali, Baja California. Folleto para productores núm. 62. 12 p.
- Beardsley, J. W. 1988. Eucoilid parasites of agromyzid leafminers in Hawaii (Hymenoptera: Cynipoidea). Proceedings, Hawaiian Entomological Society. 28: 33 - 47
- Bodlah, I, Naeem M. y Mohsin A. 2012. Distribution, Hosts and Biology of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44 (5): 1307 - 1315 *Pakistan Journal of Zoology* 44 (5): 1307 - 1315

- Borbón G. A., J. Pérez M., M. G. García C., X. M. Ochoa E., L. Montoya C. y J. Macías C. (2011) Guía para producir cártamo en Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. Colección RP. 29 p
- Buffington, M. y Ronquist, F. 2006. Familia Fitigidae. En: Fernández, F. y Sharkey, M. J. (Eds.). 2006. Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 893 p
- Gibson, G. A. P., I. T. Huber and J. B. Woolley (Eds). 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.
- Hedqvist, K. J. 1974. The genus *Merismus* Walk. In Sweden and description of a new genus and species (Hym. Pteromalidae, Miscogasterinae) Notes on Chalcidoidea (Hym.). VI. Ent. Scand. 5: 143 - 147
- Hernández, M. M., A. Borodanenko., S. Montes H., V. Pecina. Q., L. Montoya C., M. S. Acosta N. y O. L. Rivas G. (2013) Manual técnico de producción de cultivos bioenergéticos. INIFAP-CIRCE-CEBAJ. Folleto técnico No. 2. 121 p.
- Heydon, S. L. 1995. A review of the North American species of *Thinodytes Graham* and *Mauleus Graham* (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Hymenoptera Research. 4. 1-24
- Noyes, J. S. 2021. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/ourscience/data/chalcidoids/database/> Recuperado el 1 de abril, 2021.
- Montoya, C. L. y F. Ochoa B. (2006) Guía para producir cártamo en el sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CESS. Folleto para productores No. 37. Cd, Obregón Sonora. 24 p.

- Montoya, C. L., F. Ochoa B., J. Wong P., M. Camarillo P. y J. Macias C. (2008) CIANO-OL, CIANO-LIN, RC-1002-L, RC-1005-L y RC-1033-L variedades de cártamo altamente tolerantes a falsa cenicilla (*Ramularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto técnico No. 60. Cd. Obregón Sonora. 27p
- Montoya, C. L (2010) El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L) en México. INIFAP-CIRNO-CENEB. Libro Técnico No. 5. Cd. Obregón Sonora. 96 p.
- Mueller K. E and W. H. Lange (1959) Stem borer found on safflower: Infestation discovered in planting at Davis may be first recorded attack on safflower by known pest of other plants. California Agriculture vol. 13(3): 4-5.
- Pacheco, M. F. (1985) Plagas en los cultivos Agrícolas en Sonora y Baja California. Libro Técnico No. 1. CIANO-INIA-SARH. México. p.414.
- Palacios-Torres, R. E. y Bautista-Martínez, N. 2004. Parasitismo de *Gronotoma melanagromyzae* Beardsley (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), en el arrocillo del tomate de cáscara, *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae). Acta Zoologica Mexicana. 20 (2): 237 – 238.
- Palacios, T. R. E., J. Romero, N., J. Étienne., J- L. Carrillo. S., J. M. Valdez. C., H. Bravo. M., S. D. Koch., V. López. M. y A. P. Terán V (2008) Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de Agromyzidae (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. Acta Zoológica Mexicana. 24(3): 7-32.
- Palacios, T. R. E., J. M. Valdez C., J. Étienne., R. Vega M., J. Marín S., A. Castañeda V. y C. Nava D. (2010) Nuevos registros de plantas hospederas y distribución geográfica de *Melanagromyza floris* Spencer, *M. tomaterae* Steyskal, *M. viridis* (Frost) y *Ophiomyia lantanae* (Froggatt) (Diptera: Agromyzidae) en México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 26(1): 59-71.
- Palacios, T. R. E., E. Cortez. M., F. A. Valenzuela. E., Q. A. Ayala. A., G. J. Lizárraga. S. and B. E. López. V. (2018). Three species of Agromyzidae (Diptera) Associated with Asteraceae in Northern Sinaloa, México.

Southwestern Entomologist. 43(3): 657-667.  
<https://doi.org/10.3958/059.043.0311>.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (abril 2021).

Triplehorn C. A. y N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7a Ed. Thompson Brooks/Cole. USA. 865 p.

Tselikh, E. V. 2020. New data on the Pteromalid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea: Pteromalidae) of eastern Siberia with description of a new genus. Entomological Review. 200 (5): 714-726

Valadez, G. J. (2015) Guía para cultivar cártamo optimizando captación de agua para las siembras de temporal en Las Huastecas. INIFAP-CIRNE-CEHUAS. Folleto técnico No. MX-0-310301-52-03-14-09-40. ISBN: 978-607-37-0415-1. 23 p.

Yáñez M. M. J. (1991) Incidencia y daño del barrenador del tallo (Diptera: *Agromyzidae*) en cártamo en el sur de Tamaulipas. Soc. Mex. de Entomología. En Memorias del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Pp. 151-152.

## Conclusiones generales.

1. Dentro de las líneas élite generadas por el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo hay algunas que presentan características de resistencia al ataque de la falsa cenicilla, tolerancia al ataque del complejo de barrenadores del cártamo, ya que aun cuando se presentaban infestaciones del 100% en las parcelas, aun así, se lograron obtener rendimientos por arriba de los 1200 kg/ha.
2. Se descubrió que la plaga conocida como el barrenador del cártamo (*Melanagromyza virens*) se comporta como un complejo junto con las especies (*M. quadrisetosa* y *Coenosopsia* sp.) lo cual aporta al conocimiento que se tenía sobre la plaga en el sur de Sonora.
3. La planta infestada por alguna de las especies del complejo de barrenadores puede ser asintomática, lo cual dificulta su diagnóstico en campo.
4. Se identificaron tres especies de avispas parasitando pupas del complejo de barrenadores *Gronotoma melanagromyzae* (Hymenoptera: Figitidae), *Merismus megapterus* (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Thinodytes santerna* (Hymenoptera: Pteromalidae). Las cuales son nuevos reportes para la zona, y un avance en el conocimiento de los enemigos naturales del complejo del barrenador del tallo.